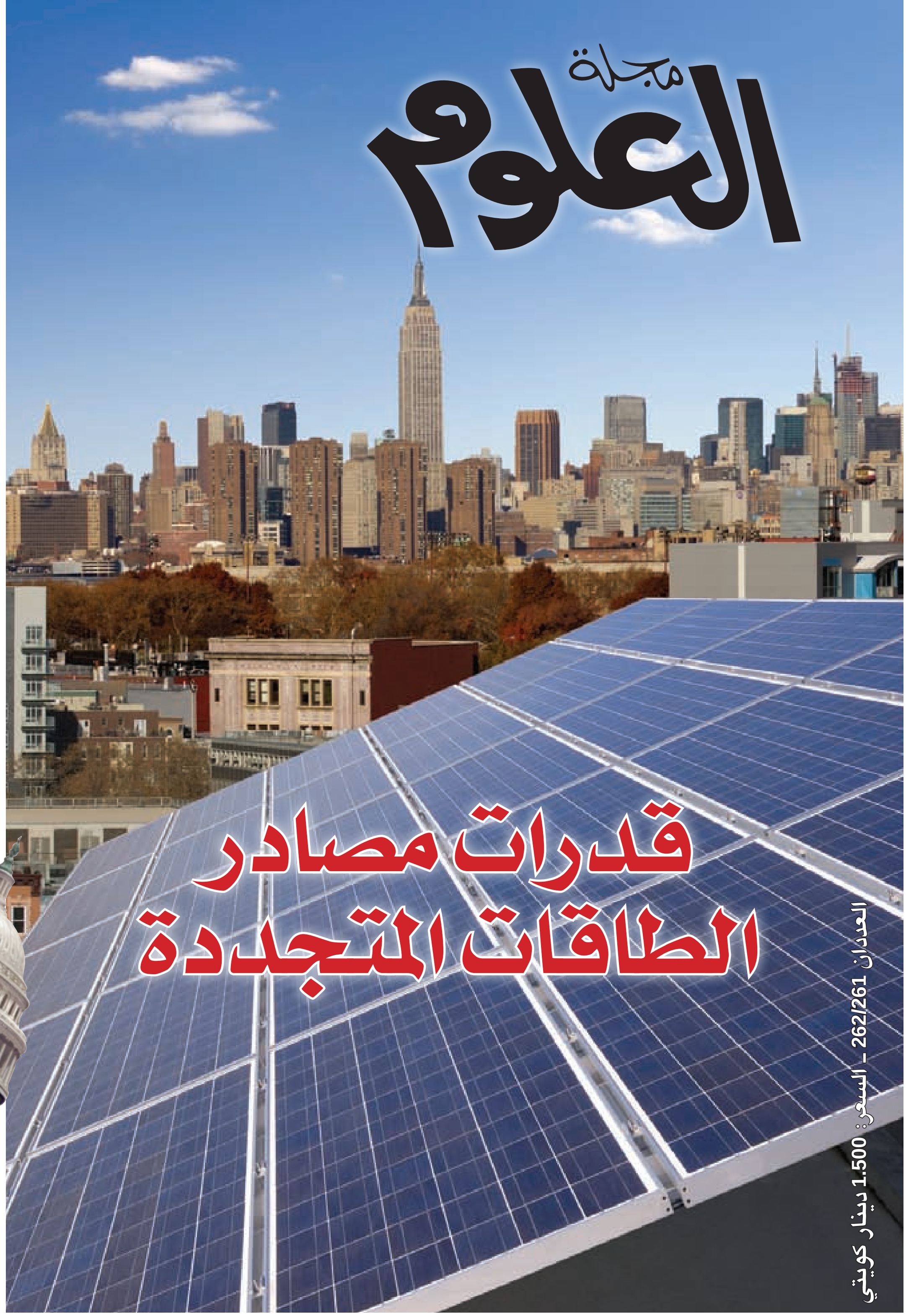
المجلد 26 ـ العددان 2/1
يناير/ فبراير 2010

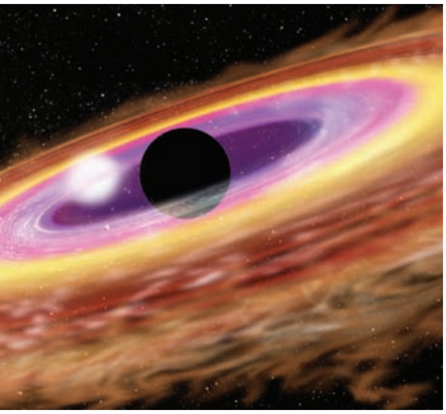
SCIENTIFIC AMERICAN
January / February 2010

مجلة العلوم



قدرات مصادر الطاقات المتجددة

العددان 262/261 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي



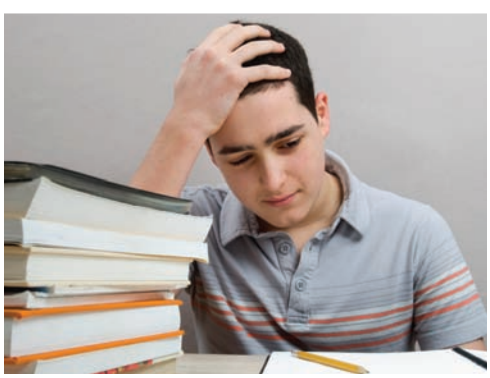
صور فنية لثقب أسود



الحاجة إلى معالجة صريحة



سبل جديدة للقضاء على البكتيرات الفائقة



شحن قوي سريع للدماغ



مستقبل السيارات

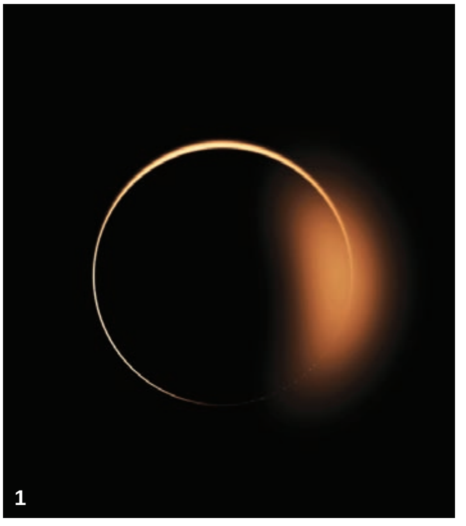
المقالات

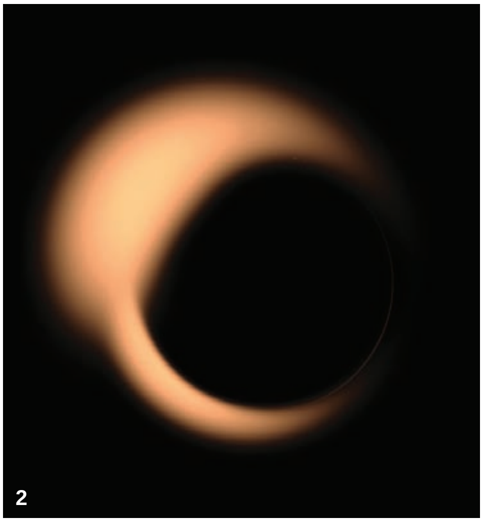
ترجمة أو مراجعة

«***مجلة العلوم***» تصدر شهريًا في الكويت منذ عام 1986 عن «**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. و«مجلة العلوم» هي في ثلثي محتوياتها ترجمة لـ«***ساينتفيك أمريكان***» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسعى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكين القارئ غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقانية، وتوفير معرفة شمولية للقارئ المتخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «***ساينتفيك أمريكان***» بثماني عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة وباستخدامها القيّم للصور والرسوم الملونة والجداول.

صورة فنية لثقب أسود(*)

من خلال استخدامهم شبكة عالمية من المِقْرابات telescopes، سوف يتمكن علماء الفلك قريبا من الحصول على أولى مشاهدتهم للصورة الظلّيّة المعتمة لثقب أسود.


1


2

<A. E. بروديريك> ـ <A. لويب>

مفاهيم مفتاحية

- تُعتبَر الثقوبُ السوداء من بين أكثر الأجرام الكونيّة غموضا وإبهاما. وحتى الآن، لم يتمكّن علماءُ الفلك من ملاحظتها إلاّ بشكل غير مباشر، وذلك من خلال آثارها التثاقلية gravitational في النجوم المحيطة بها ومن خلال الإشعاع الصادر عن جزيئات الغاز الحارّ الساقط نحوها بشكل حلزوني.
- يعمل الفلكيّون على إنشاء شبكة من المقرابات (التلسكوبات) الراديوية بهدف التقاط صور للثقبَين الأسودَين الفائقَي الكتلة والواقعَين في مركزَي مجرّتَي درب التبّانة والمجرات M87.
- إنّ تحسّن الدراسات المتعلّقة بالثقوب السوداء لن يساعد على تفسير الظواهر غير الاعتيادية التي تنجم عن تلك الثقوب فحسب، بل يمكن أيضا أن يقدِّم لنا طريقة لاختبار نظرية آينشتاين في النسبية العامة، كما يمكن أن يزوّدنا بتبصرات خلاّقة حول طبيعة الثقالة gravity في الظروف الاستثنائية المتطرِّفة.

محرِّرو ساينتفيك أمريكان

مـن المرجَّح أن تكونَ قد شـاهدتَ ذلك الإعلانَ التلفازي، حين يبتعد تقنيّ الهواتف النقالة (المحمولة) إلى مسـافات بعيدة، ويسأل بواسطة الهاتف: «هل تسمعني؟» تخيّل أنّ هذا التقني قد سافر إلى مركز مجـرّة درب التبّانـة، حيث يكمن ثقب أسـود فائق الكتلة يُدعى **سـاگيتاريوس-إي** (Sgr A*)[١]، كتلته تسـاوي نحو أربعة ملايين ونصف كتلة الشـمس. عندما يقترب التقنيّ إلى مسافة 10 ملايين كيلومتر من الثقب الأسود، ستلاحظ أنّ إيقاع كلامه يتباطأ، وأنّ صوته يغلظ لحنا ويضمحل شـدة، ليصير في نهايـة الأمر همسـات رتيبة تتناقـص قدرتك على سـماعها شـيئا فشـيئا. ولو قُدِّر لنا أن نرى هذا التقنـي، للاحظنا أنّ صورتَه تغـدو باهتة ويزداد لونُها احمرارا بشـكل متزايـد، وقد صار متجمدا في الزمن بالقرب من حدود الثقب الأسـود المعروفة باسم **أفق الحدث** event horizon.

ومع ذلك، لن يشعر التقنيّ نفسه بأيّ تباطؤ في مرور الزمن بالنسبة إليه، ولن يرى أيَّ شيء غريب يحدث عند أفق الحدث. وهكذا، لن يعلم بأنه اجتاز هذا الأفق إلاّ عندما يسـمعنا قائلين: «لا نستطيع سـماعَك بشكل جيّد»، ولن تتوفّر أيُّ طريقة يمكن له بها أن يشاركنا انطباعاته وأحاسيسَه الأخيرة، إذ لا شـيء البتّة ـ حتى الضوء نفسـه ـ يستطيع أن يفلت من الجرّ الهائـل لقوة الثقالة داخل أفق الحدث. وقبل أن تمـرّ دقيقة على اجتيازه للأفق، سـوف تكون قـوى التثاقل في أعمـاق الثقب قد مزّقته إربا إربا.

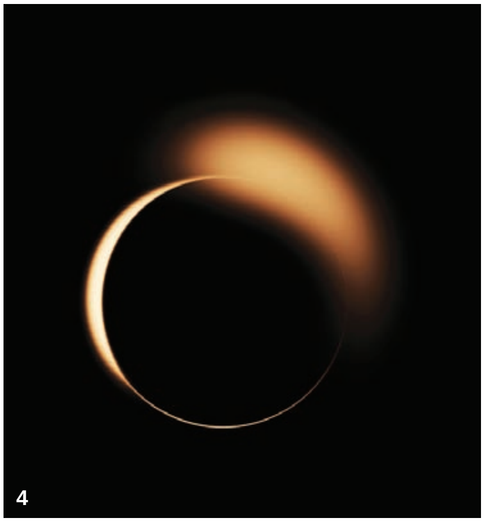
لا يمكننا في الحياة الفعلية أن نرسلَ تقنيا في مثل هذه الرحلـة، ولكنّ علماءَ الفلك طوّروا بعض التقنيات التي ستسـمح لهم في القريب العاجل ـ ولأول مـرّة ـ بالتقاط صور للظـلال المعتمة لثقب أسود ضمن خلفية مليئة بغاز متوهّج ساخن.

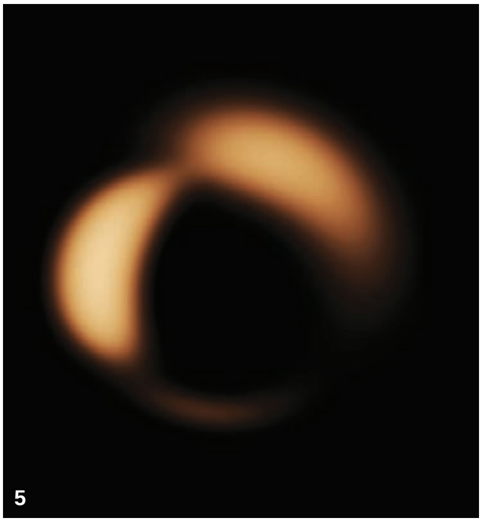
ستقولُ لنا: «انتظروا قليلا، ألم يُبلِغْنا علماءُ الفلك مرارا بملاحظتهم لثقوب سـوداء، بما في ذلك شـتى أنواع الصور؟» هذا صحيح، ولكنّ هذه الصور كانت لغازات أو لمواد أخرى موجودة قرب ثقب أسود بحيث تَمثُّـل الثقبُ نفسُـه فيها كبقعة غيـر مرئية، أو كانت لتدفـق هائل من الطاقـة افتُرِض أنـه ناجمٌ عن ثقب أسـود. وفي الحقيقة، فنحن لا نزال غير متيقّنين بعدُ من وجود الثقوب السوداء فعلا أو عدم وجودها[٢].

لقد اكتشـف علماءُ الفلك أجراما كونية تبلغ من الثقل والتراصّ مقدارا يكفي ـ في حالة صحّة نظرية آينشـتاين في النسبية العامة ـ لأن تكون بالضرورة ثقوبا سوداء، ومن المتعارف عليه أن نتكلّم عنها كما

(*) Portrait of a Black Hole
(١) Sagittarius A*
(٢) انظر: «*Black Stars, Not Holes,*» by Carlos Barcelo - Stefano Liberati - Sebastiano Sonego - Matt Visser; *Scientific American*, October 2009







لو أنها فعلا كذلك (كما نفعل في هذا المقال). ولكننا، حتى الآن لم نســتطع تأكيــدَ أنّ هذه الأجرام تمتلك الســمة المميّزة التعريفية للثقب الأســود، أي وجود أفق لا يمكن للمادة اجتيازُه إلاّ في اتجاه واحد فقط. وهذا السؤالُ لا يُعَدّ مجرَّد فضول مقصور على فئة قليلــة، إذ إنّ وجودَ مثل هذه الآفــاق أو عدمَه يمثّل إحدى أهمّ الأحجيات العميقــة في الفيزياء النظرية وأعقدها. وســوف تســاعدنا الصــورُ التي تعرض الصور الظلية المعتمة لآفاق أحداث الثقوب السوداء على فهم الســيرورات الفيزيائية الفلكية الاستثنائية التي تحدث في المناطق المتاخمة لها.

أسئلة موجِّهة[*]

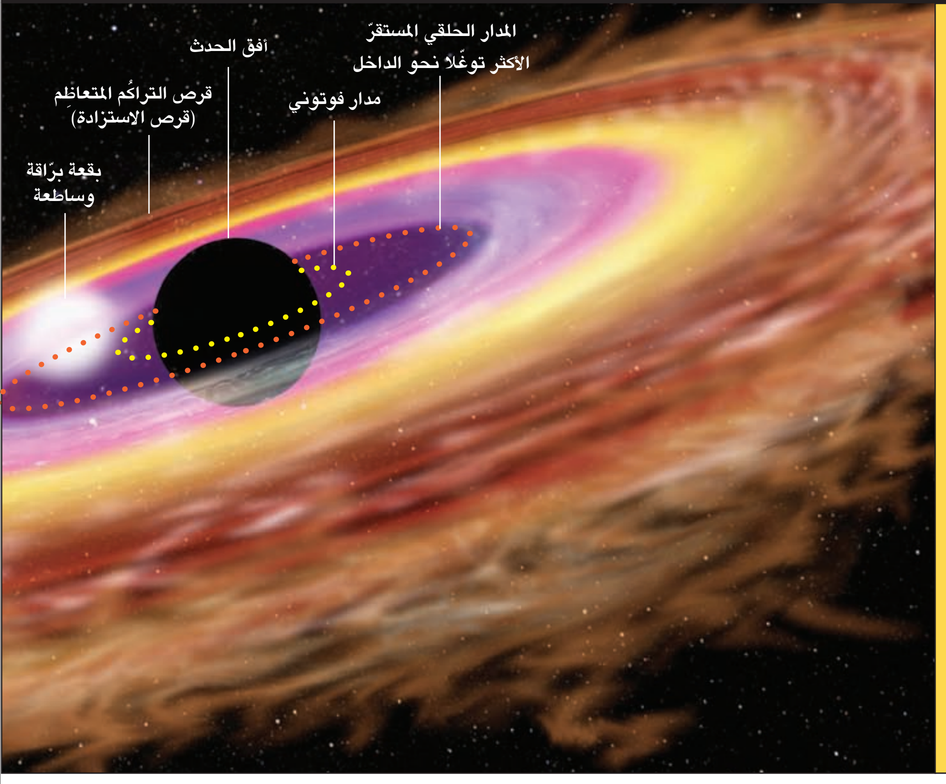
تُعتبَر آفــاقُ الحدث منبعا مثيــرا للخيال ذا ســحر خاصّ، إذ إنها تمثّل وجود عدم الانسجام على المســتوى القاعدي بــين انتصارَين عظيمَين حقّقتهمــا الفيزيــاء في القرن العشــرين، وهما: الميكانيك الكمومي والنســبية العامة. و**العكوسية الزمنية**[1] سمة أساســية للكيفية التي يصف بها الميكانيــك الكمومــي المنظومــات الفيزيائية؛ فكل سيرورة كمومية لها سيرورة عكسية نستطيع من حيث المبدأ أن نستخدمها لاستعادة أيّ معلومات يمكن أن تكون الســيرورة الأصليــة قد أدَّت إلى تشويشــها. وفي المقابل، لا تسمح النسبيةُ العامة - التي تفسّر الثقالة على أنها ناجمة عن **تقوس**[2] الفضــاء وتتنبّأ بوجــود الثقوب الســوداء - بأيّ ســيرورة عكسية لاسترجاع الشــيء الذي سقط داخل ثقب أسود. والحاجةُ إلى حلّ عدم الاتّساق هذا بين الميكانيك الكمومي و**التثاقل** gravitation، يُمثل أحــد أهــمّ دوافــع فيزيائيّــي الأوتار في بحثهم عن نظريــة كمومية للثقالة، أي نظرية تتنبّأ بخصائص التثاقل انطلاقا من التأثرات الخاضعة لقوانين الميكانيك الكمومي.

وعلى مســتوى أعمق في هــذا الموضوع، يودُّ الفيزيائيون معرفةَ ما إذا كانت نســبية آينشــتاين العامــة هي فعلا النظرية الصحيحــة للثقالة، حتى حيثمــا تكــون تنبؤاتها مختلفة بشــكل صارخ عن **النظرية التقليدية النيوتونية** newtonian theory؛ كالتنبّــؤ بوجود آفــاق الأحداث للثقوب الســوداء. وتمتلك الثقوب الســوداء ســمتَين توأمَين رائعتَين، الأولى هي أنها توافق حلولا بالغة البساطة لمعادلات الثقالة حســب نظرية آينشــتاين (فالثقب الأســود يتحدّد تماما بثلاثة أعداد لا غير: كتلة الثقب وشحنته و**سـپينه**[3])، أمّا الثانية فهــي أنّ هذه الثقوب تمثّل أماكن تســلك فيها الثقالة سلوكا أبعد ما يكون عن النظرية النيوتونية. ومن هنا، تُعتَبر الثقوب السوداء مواضــعَ مثالية للبحث عن دلائل على أية اختلافات في الظروف البالغة التطــرّف عمّا تتنبأ به معادلات

(*) Driving Questions
(١) time reversibility
(٢) curvature، أو تَحدب.
(٣) spin، سپين أو تدويم.

إن القرص المعتم الممثِّل لمنطقة الخطر الموافقة للثقب الأسود الموجود في مركز مجرّة درب التبّانة - مع كميّات الغاز الحار العالقة في ثقالته - يمكن أن يبدو بشكل مشابه لما تقدّمه رسوماتُ المحاكاة الحاسوبية هذه (*الصور: 1، 2، 3*)، عندما تبدأ في السنة القادمة شبكةُ المقرابات الراديوية بعملها جامعةَ الأرصاد الفلكيّة. ولكنّ الغاز بين النجوم سوف يشوِّش رؤية التفاصيل الدقيقة، ويجعلها غيرَ واضحة (*الصورتان: 4 ، 5*).

عرين الوحش(*)



إنّ السمةَ التعريفيّة للثقب الأسود هي امتلاكه أفق حدث، وهو الحدود الكروية للمنطقة التي لا يستطيع أيّ شيء داخلها التغلّبَ على ثقالة الثقب والخروج منها. ويتراكم الغاز بشكل متعاظِم ضمن قرص حارّ ونيّر يحوم حول الثقب الأسود، وتوجد فيه بقعٌ مؤقّتة برّاقة وساطعة تشبه مناطق التوهّج في لهيب الشمس (بقع الانفجارات الشمسية). يمكن للقرص أن يكون رقيقا (كما في الشكل)، ولكن يمكنه كذلك أن يغطّي زاوية كبيرة فوق مستوي الدوران وتحته، كما يمكن له أن يمتدّ إلى مسافات بعيدة جدا **شعاعيا** radially. ويُصدِر كثيرٌ من الثقوب السوداء الفائقة الكتلة دفقات نفثية ساطعة بسرعات تقارب سرعة الضوء.

ويُعتقَد أنّ الحافة الداخلية لقرص التراكُم المتعاظِم (قرص الاستزادة) تقع بالقرب من دائرة تُدعى المدار الحلقي المستقرّ الأكثر توغّلا نحو الداخل[1]. وأيُّ مادة تضلّ طريقها بالقرب من الثقب، ستجد نفسها على مسار غير مستقرّ، وسريعا تغوص في أعماق الثقب. وعلى المدار الفوتوني، يمكن للضوء فيه من حيث المبدأ أن يدور حول الثقب الأسود بشكل دائم، ولكن في الواقع الفعلي قد يؤدي أيُّ اضطراب مهما صَغُر إلى جعل مسار الضوء يتجه حلزونيا إلى الداخل أو إلى الخارج.

آينشتاين، وهذه الاختلافات ـ في حال ظهورها ـ يمكنها أن تزوّدنا بإشارات تدلّنا على الطريق نحو نظرية كمومية للثقالة. وبالعكس، إذا نجحت تلك المعادلات في وصف ما يجري بالقرب من الثقوب السوداء، فإنّ هذا سوف يوسّع بشكل درامي مجالَ صلاحية النسبية العامة.

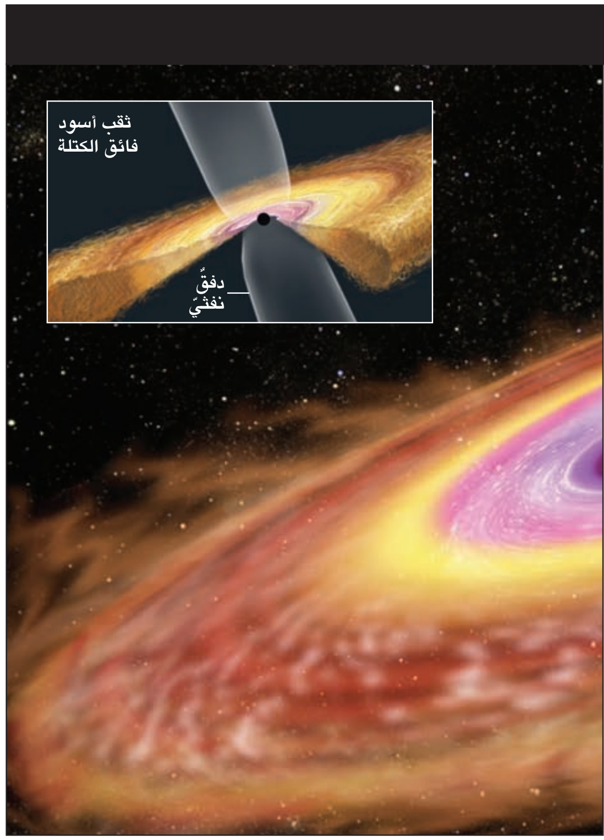
إنّ طرحَ بعضِ الأسئلة الملحّة في الفيزياء الفلكية عمّا يجري في جوار الثقوب السوداء يستلزم بدوره محاولة الوصول إلى إجابات. تقتات الثقوبُ السوداء من المادة الساقطة إلى داخلها مثل الغاز والغبار الكوني، وأثناء السقوط تكتسب هذه المادة ـ مع اقترابها من أفقِ حدثِ الثقب ـ مقدارا كبيرا من الطاقة، فتُنتج كمية من الحرارة تفوق فاعليتها عشرين ضعفا تقريبا من فاعلية الاندماج النووي الذي يمثّل ثاني أقوى سيرورة معروفة لنا من ناحية القدرة على توليد الطاقة. فالإشعاعُ الصادرُ عن الغاز الحارّ والمتحرّك بشكل حلزوني يجعل الجوار المحيط بالثقوب السوداء أكثرَ الأشياء توهّجا وبريقا في الكون.

يستطيع الفيزيائيون الفلكيّون وضع نموذج يصف إلى حدّ ما المادةَ المتعاظمة التراكُم (المتنامية) للثقب الأسود، ولكنّ لا تزالُ غامضة كيفيةَ انتقال الغاز ضمن تدفّق مادة التراكُم المتعاظِم من مدارٍ نصف قطره كبير إلى آخر واقع بالقرب من الأفق، ويشوب الغموض أيضا كيفية، بالتحديد، سقوط الغاز في نهاية الأمر إلى داخل الثقب الأسود. لا شكّ في أنّ الحقول المغنطيسية التي تولّدها الجسيماتُ المشحونة المتحرّكة ضمن تدفّق مادة التراكُم المتعاظِم تؤدي دورا مهما جدا في كيفية سلوك هذا التدفّق، لكننا لا نعرف إلاّ القليلَ عن بنيـة هذه الحقول وعن كيفية تأثير هذه البنية في الخواصّ المرصودة للثقوب السوداء. ومع توفر برامج محاكاة حاسوبية تصف مجمل منطقة التراكُم المتعاظِم، فإنّ العلماء النظريّين لا يزالون يحتاجون إلى عقود من الزمن قبل أن يتمكّنوا من إجراء حسابات موافقة حقيقية لا تعتمد إلاّ على مبادئ الفيزياء الأساسية. وسوف تكون بيانات المراقبات والملاحظات الفلكية ذات قيمة أساسية في إلهامنا بأفكار جديدة، وكذلك في تقريرنا أيّ النماذج المتعدّدة والمتنافسة هو الأقدر على وصف الظاهرة.

تُعتبَر الثقوبُ السوداء مواضعَ مثالية للبحث عن دلائل على أية اختلافات في الظروف البالغة التطرّف عمّا تتنبأ به معادلات آينشتاين في نظرية النسبية العامة.

هناك أمرٌ أكثر إحراجا بالنسبة إلى الفيزيائيين الفلكيّين هو افتقادهم فهم الدفقات النفثية للثقب الأسود: وهي ظواهر تتعاون فيها القوى بالقرب من ثقب أسود فائق الكتلة لقذف مادة نحو الخارج بسرعات نسبوية عالية (تصل

(*) Lair of a monster
(1) the innermost stable circular orbit



إلى نحـو 99.98 فـي المئة من سـرعة الضوء). وتجتاز هذه الدفقات المذهلة المنطلقة نحو الخارج مسافات تفوق المجرّات طولا، ومع ذلك تكون عند نشوئها قرب الثقب الأسود على شكل حزم كثيفة من الأشـعة التي تتجمع بشكل لصيق يكفي لأن تخترق المنظومة الشمسية؛ كما لو كانت ثقب إبرة مجرّيّة. وإننا لا نعرف ما الذي يسرّع هذه الدفقات النفثية إلى هذه القيم العالية من السـرعات، كما لا نعـرف حتى ممّـا تتركّب؛ فهل هـذه الدفقات النفثيـة مكوّنة من إلكترونـات وبروتونات أم من إلكترونـات وبوزيترونـات؟ أو لعلها مجرّد حقول كهرمغنطيسية؟ للإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها، يحتاج الفلكيّون بشـدة إلى أرصاد مباشـرة عن الغاز في الجوار القريب للثقب الأسود.

مطاردة الوحش من بعد(*)

لسـوء الحظ، يصعب الحصول على الأرصاد المباشرة المذكورة أعلاه، وذلك لأسباب عديدة. أولا، الثقوب السوداء فائقة الصغر بالنسبة إلى القياسات الفلكية. فهي تتجلّى في تشكيلتَين رئيسيَّتَين: ثقوب سوداء كتلها نجمية وهي بقايا نجوم ثقيلة ميتة تبلغ كتلها نموذجيا من خمسـة أضعاف إلى 15 ضعفَ كتلة الشمس، وثقوب سوداء فائقة الكتلة تتوضّع في مراكز المجرّات؛ وتزن ما بين ملايين كتلة الشـمس إلى عشرة مليارات منها. ويبلغ قطرُ أفقِ حدثِ ثقب أسـود بكتلة نحو 15 مرّة كتلة الشمس نَحو 90 كم، فهو يشـغل حيزا صغيرا جدا بمقاييس المسافات بـين النجوم. حتى إن المنطقة داخـل مدار الكوكب نپتون تتسـع بسهولة لثقب أسـود فائق كتلته تبلغ نحو مليار مرّة كتلة الشمس.

ثانيا، يسـاعد الحجم الصغير للثقب الأسود وثقالتـه الهائلة على حركة المواد حوله بسـرعات كبيرة للغاية، فالمادة القريبة جدا من ثقب أسـود نجمي الكتلة يمكن أن تتمّ دورتها حول الثقب بأقلّ من ميكروثانية، ولا بدّ من أجهزة فائقة الحساسية لرصد ظواهر سـريعة إلى هذه الدرجة. وأخيرا، فإنّ المجموعة الجزئية من الثقوب السـوداء التي تمتلـك احتياطيا كبيرا من الغـاز المجاور القابل للتراكُم المتعاظِم، هي الوحيدة التي يمكن رؤيتها، ولذلك لم يتمّ اكتشاف الغالبية العظمى من الثقوب السوداء في مجرّة درب التبّانة بعد.

ولمجابهة هـذه التحدّيات طـوّر علماء الفلك تقنيـات متنوّعـة، زوّدتنا ـ علـى الرغم من عدم قدرتهـا على إعطاء صور مباشـرة ـ بمعلومات عن خواصّ وسـلوك المادة الحائمة قربَ منطقة نشكّ في احتوائها على ثقب أسود. وعلى سبيل المثال، يمكن للفلكيّين أن يقدِّروا وزن ثقب أسود فائـق الكتلة من خلال مراقبـة النجوم المجاورة لـه، بطريقة تشـبه إلى حدٍّ كبير مراقبة مسـار الكواكب من أجل حسـاب كتلة الشـمس. وفي المجرّات البعيدة، لا يمكن تمييز النجوم المنفردة قـربَ ثقب فائق الكتلة، ولكنّ طيف إشـعاعاتها الضوئي يدلّ على كيفية توزّع سـرعاتها، وهذا مـا يفيد في حسـاب كتلة الثقـب. يُعتبَر الثقب الأسود الفائق الكتلة Sgr A* الموجود في مركز مجـرّة درب التبّانة قريبا منّـا بما يكفي لتتمكن المقراباتُ من تمييز النجوم المنفردة الواقعة قربَه. وهذا ما وفَّر لنا أفضـل تقدير حتى اليوم لكتلة ثقب أسـود ما [*انظر المؤطر فـي الصفحة 9*]. ولسـوء الحظ، فإنّ موقع هذه النجوم بعيدٌ جدا عن منطقة اهتمامنا الأقصى التي تغدو فيها آثارُ النسبية العامّة جليّة ومحسوسة.

ويبحـث الفلكيّون كذلك عن إشـارات تحمل توقيـعَ النسـبية العامة في الطريقـة التي يتغيّر وفقها الإشـعاع الصادر بالقرب من ثقب أسود عبر الزمن. وعلى سـبيل المثـال، تتأرجح وتتغيّر قيمُ السـطوعِ لإصداراتِ الأشـعة السـينية من

(*) Stalking the Behemoth from afar

المؤلفان



Abraham Loeb   Avery E. Broderick

بدأ تعاونَهما العلمي سنة 2005 في معهد النظريات والحاسوبيات The Institute for Theory and Computation ـ الذي يديره <لويب> حاليا ـ في مركز هارڤارد ـ سميثسونيان للفيزياء الفلكية. ويعمل <بروديريك> حاليا باحثا مشاركا متقدما في المعهد الكندي للفيزياء الفلكية النظرية the Canadian Institute for Theoretical Astrophysics بجامعة تورنتو، وقد كان رائدا في الحثّ على تصوير الثقوب السوداء الفائقة الكتلة. أمّا <لويب>؛ فهو أستاذُ علم الفلك في جامعة هارڤارد، وقد أجرى دراسات نظريّة طليعيّة عن النجوم الأولى وعن الثقوب السوداء الفائقة الكتلة وعن انفجارات أشعة گاما واندلاعاتها.

بعض الثقوب السوداء النجمية الكتل بطريقة شبه دورية، وتكون أدوارها مماثلة للأدوار المتوقّعة في المدارات التي تسلكها المواد قربَ الحافة الداخلية لقرص التراكُم المتعاظِم.

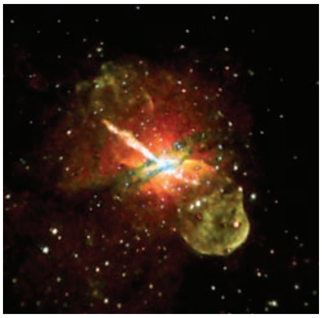
وأكثرَ طرقِ سبرِ الثقوب السوداء الفائقة الكتلة نجاحا لغاية اليوم هي تلك التي استغلّت عملية **تألّق** fluorescence ذرّات الحديد الواقعة على سطح قرص التراكُم المتعاظِم. فالحركةُ السريعة لقرص التراكُم المتعاظِم الذي يحمل ذرّات الحديد تتعاضد مع الثقالة الشديدة للثقب، لتسبِّب إزاحة الطول الموجي المميِّز للتألّق، وتؤدي إلى امتداده على نطاق عريض من الأطوال الموجية. وبالقرب من ثقب أسود ذي **تدويم**(١) (دوران حول الذات) سريع، يدور قرص التراكُم المتعاظِم نفسه حول الثقب بسرعة أكبر (بفضل تأثير تبيّنه النسبية العامة يسبّب جرَّ «المكان» معه عند دوران الثقبِ حول نفسه)، وسيكون للإصدار **لاتناظر**(٢) مريب. وقد رصد القمران الصنعيّان اليابانيّان ASCA وSuzaku إصدارات من هذا النوع بالضبط، وقد فسّرها الفلكيّون على أنها إثباتٌ مباشر على وجود ثقوب سوداء ذات تدويم سريع، بحيث تبلغ السرعات المدارية في أقراص التراكُم المتعاظِم قيما مرتفعة تصل حتى ثلث قيمة سرعة الضوء.

ويمكن الحصول على معلومات حول مقدار تدويم الثقوب السوداء النجمية الكتل عن طريق دراسة منظومات ثنائية يدور فيها ثقب أسود ونجم عادي أحدهما حول الآخر بشكل يبلغ من القرب ما يكفي لأن يأكل الثقب الأسود تدريجيا من مادة رفيقه. ويدلّ تحليل طيف الأشعة السينية والبارامترات المدارية لحفنة من مثل هذه المنظومات على أنّ ثقوبَها السوداء تمتلك من 65 إلى 100 في المئة من المقدار الأعظمي للتدويم الذي تسمح به النسبية العامة لثقب أسود بالكتلة المفروضة؛ ويبدو أنّ القيمةَ العالية للتدويم هي السائدة في أغلب الحالات.

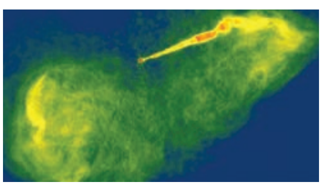
لا يقتصر ما تُطلقه الثقوبُ السوداء على الضوء (الذي يمتدّ طيفه من الموجات الراديوية حتى الأشعة السينية) وعلى الدفقاتِ النفثية من الطاقة فحسب، إذ يمكن لثقبين أسودَين - عندما يصطدم أحدهما بالآخر — أن يهزّا بنية نسيج **الزمكان**(٣) حولهما، وهذا ما يُنتج **موجات تثاقلية**(٤) تنتشر إلى خارج منطقة التصادم مثل انتشار التموّجات والتغضّنات على سطح ماء بركة راكدة. ويجب على تغضّنات الزمكان هذه أن تكون قابلة للالتقاط على بعد مسافات شاسعة، حتى وإن تطلّب ذلك أجهزة فائقة الحساسية. ومع

إشارات بعيدة عن ثقوب سوداء(*)

يعتقد الفيزيائيون الفلكيّون أنّ ثقوبا سوداء (صغيرة جدا وبعيدة عنّا بشكل لا يسمح لنا برؤيتها) هي المسؤولة عن ظواهر عديدة تمتد من إصدارات لأشعة سينية إلى دفقات نفثية ضخمة من موادّ تمّ قذفها بعيدا عن مراكز المجرّات.



صورة المجرّة Centaurus A كما التقطها القمر الصنعي Chandra باستخدام الأشعة السينية، وهي تبيّن دفقا نفثيا بطول 13000 سنة ضوئية يصدر عن ثقب أسود فائق الكتلة نعتقد أنه موجود في مركزها. وتمثّل البقع ذات الشكل النجمي ثقوبا ذات كتل من المرتبة النجمية تستهلك مادة يزوّدها بها رفاقُها النجوم. أمّا الألوان الحمراء والخضراء والزرقاء؛ فهي تدلّ على ثلاثة نطاقات مختلفة من الأطوال الموجية للأشعة السينية.



إنّ الثقب الأسود الفائق الكتلة الذي نفترض وجودَه في مركز المجرّة M87 محاطٌ بفصوص من الغاز يبلغ عرضها نحو 15000 سنة ضوئية، وهو يُطلق نحونا دفقا نفثيا بسرعات نسبوية عالية، كما يُحتمَل أن يكون هناك دفقٌ نفثيّ معاكس غير مرئي يُرسل مادّة في الاتجاه المعاكس. وهذه الصورة التقطها **الصفيف الكبير جدا** (VLA)(٥) في نيو مكسيكو باستخدام موجات راديوية بأطوال موجية من رتبة الـ 2–سنتمتر، حيث تمثّل الألوان فيها شدّة الإشارة الملتقطة.

أنّ المراصد الفلكية المتوفّرة في الوقت الراهن لم تكتشف حتى اليوم أية موجات تثاقلية، فإنّ فكرةَ البحث هذه تزوّدنا بطريقة ثوريّة جديدة لدراسة الثقوب السوداء(٦).

نافذة للنظر(**)

على الرغم من تزويدها لنا بمقدار وافر من المعلومات حتى الآن، لا تقدِّم أيّ تقنية من التقنيات التي وصفناها - صورة مباشرة لأفق حدث ثقب أسود. ولكن في الوقت الراهن - وبفضل تطوّرات حديثة جدا تحقّقت في التقانة مؤخرا - أصبح الحصولُ على صور مباشرة لأفق ثقب أسود أمرا وشيك الحدوث. والثقب الأسود الذي سوف يجري تصويره هو ذاك الثقب الوحش القابع في ساحتنا الخلفية Sgr A* على مسافة 24000 سنة ضوئية فقط منّا ويحتلّ مساحة أكبر الأقراص في قبة سمائنا مقارنة بجميع الثقوب السوداء الأخرى المعروفة، في حين يتعين على ثقب أسود كتلته تساوي عشر مرّات كتلة الشمس ألاّ يبعد عنّا أكثر من 1% من بعد أقرب نجم إلينا لكي يبدوَ بالمساحة نفسها لذلك القرص. أمّا الثقوب السوداء الفائقة الكتلة التي تتجاوز الثقب الأسود Sgr A* بكثير في ضخامتها، فهي موجودة لكن على مسافات تبعد عنا ملايين السنين الضوئية.

إنّ الحجمَ الظاهري الذي تبدو فيه الصورة الظليّة المعتمة لثقب أسود بعيد يزيد على الحجم الحقيقي بأكثر من مرّتين، وذلك بفضل انحناء الأشعة الضوئية الناجم عن ثقالة الثقب. ومع هذا، لن يغطّي أفق الثقب الأسود Sgr A* ظاهريا إلاّ زاوية ضئيلة جدا قياسها 55 ميكرو قوس - ثانية (وهو جزء من ألف جزء من 3600 جزء من الدرجة الواحدة)، وهذا يماثل ما تبدو عليه بذرة خشخاش موجودة في مدينة لوس أنجلوس عندما ننظر إليها من مدينة نيويورك.

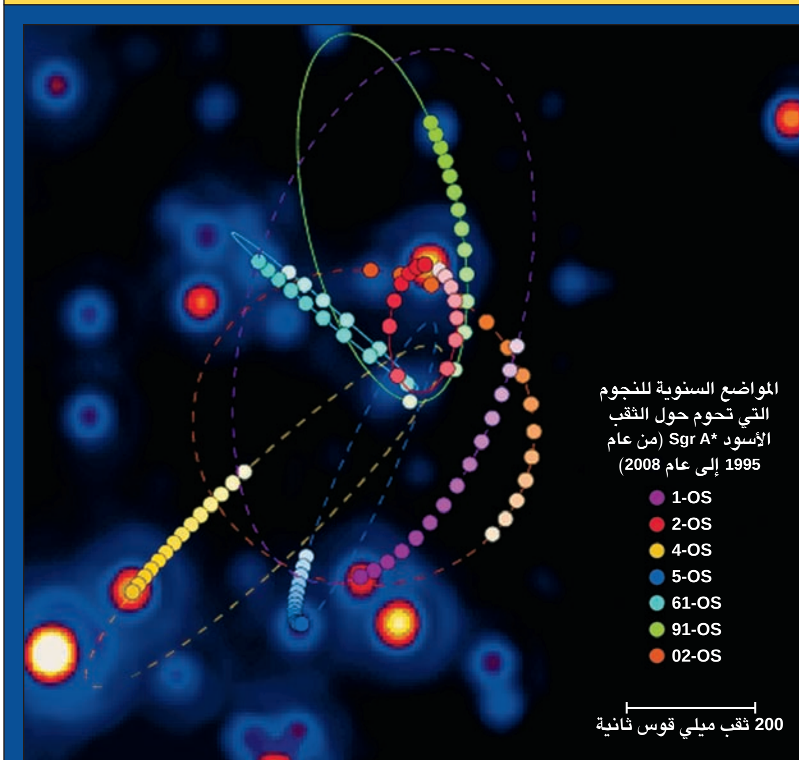
إنّ **ميز** resolution جميع المقرابات الحديثة - على الرغم من قدراتها المثيرة للإعجاب - لها حدودٌ تفرضها على المستوى الأساسي عمليةُ **الحيود**(٧) diffraction، وهو ظاهرةٌ تنجم عن الطبيعة الموجية

(*) distant signs of black holes
(**) A Window with a View
(١) spinning
(٢) asymmetry
(٣) space-time
(٤) gravitational waves
(٥) The very Large Array
(٦) انظر: «*Ripples in Spacetime*», by: W.Wayt Gibbs; *Scientific American*, April 2002
(٧) أو الانعراج.

[الثقب الأسود *Sagittarius A]

تضييق الخناق على المارد العملاق(*)

حتى فترة قريبة، ظلّت أرصاد حركات النجوم بالقرب من مركز مجرّة درب التبّانة - هي أقربُ ما توصل إليه الفلكيّون في مراقبتهم المتعلّقة بأفق حدث الثقب الأسود *Sgr A. وتبيّن مساراتُ النجوم (الخطوط المتقطّعة) أنها خاضعةٌ لقوةِ جذب جرم سماوي متراصّ جدا ذي كتلة مساوية تقريبا لـ 4.5 مليون مرّة كتلة الشمس. وتشير النقاطُ الملوّنة إلى مواضع النجوم من عام 1995 وحتى عام 2008. أمّا الخلفية، فتمثّل صورة للنجوم (وأشياء أخرى غيرها) تمّ التقاطُها في عام 2008 باستخدام الأشعة تحت الحمراء. إنّ النجم SO-16 هو النجم الذي يقترب أكثر ما يكون من الثقب *Sgr A (إلى مسافة تُقدَّر بسبع ساعات ضوئية)، ولكن حتى هذه المسافة الصغيرة نسبيا تبقى أكبر بـ 600 مرّة من نصف قطر أفق الحدث.



للضوء وتحدث عندما يمرّ من خلال الكوّة الضيّقة التي يمثّلها الحجم المحدود للمقراب. وبشكل عام، يمكن إنقاص المقياس الزاويّ الأصغريّ القابل للفصل والتمييز من قبل المقراب عبر تكبير حجم هذا الأخير أو عبر التقاطه لضوء ذي طول موجيّ أقصر. ومن أجل الأطوال الموجية تحت الحمراء (وهي قادرة بشكل ملائم على المرور - من دون أن يتمّ امتصاصها - عبر الغمامات الغبارية التي تحجب الثقب الأسود *Sgr A عند الأطوال الموجية للضوء المرئي)، نحتاج من أجل تمييز مقياس زاويّ مقداره 55 ميكرو قوس-ثانية إلى مقراب يبلغ عرضه سبعة كيلومترات. وسوف يخفّف نوعا ما استخدامنا لضوء مرئي بأطوال موجية أقصر أو لأشعة فوق بنفسجية من صعوبة تحقيق هذا المطلب الهائل، ولكن ليس بشكل يكفي لأن يجعله معقولا. وتبدو فكرةُ استخدام أشعة ذاتِ أطوال موجية أكبر كأنها لا طائل من ورائها، فاستخدام الموجات الراديوية الميليمترية - على سبيل المثال - يستلزم مقرابا عرضه 5000 كيلومتر، ولكن هناك الآن بالفعل مقرابات راديوية بمقاييس الكرة الأرضية سبق لها أن باشرت بممارسة عملها.

تمزج التقنية (VLBI)[١] مقياس التداخل ذي الخطّ القاعدي الطويل جدا الإشاراتِ التي يتمّ التقاطها من قبل منظومة (أو صفيف) من المقرابات الراديوية المنتشرة في أرجاء الكرة الأرضية، وذلك من أجل تحقيق قيم عالية للميز الزاوي مماثلة لما يحقّقه نظريا طبقٌ (صحن لاقط) بحجم الأرض مُعدّ لاستقبال الموجات الراديوية. هناك منظومتان من المقرابات من هذا النوع تعملان منذ أكثر من عقد من الزمان، وهما المنظومة (VLBA)[٢] التي تنتشر أطباقها في الولايات المتحدة من هاواي Hawaii إلى نيو هامبشر New Hampshire، والمنظومة (EVN)[٣] التي تنتشر أطباقها في تشيلي وجنوب إفريقيا وبورتوريكو إضافة إلى أوروبا. ويمكن أن تكونَ قد رأيتَ منظومة مماثلة - وإن كانت أصغر بكثير - لو أنك شاهدتَ الفيلمَ السينمائي «الاتّصال (كونتاكت *Contact*)» أو الفيلم «2010» اللذين يعرضان في بعض مشاهدهما منظومةَ الصفيف البالغ الكبر VLA في ولاية نيومكسيكو.

ولسوء الحظ، لا تصلح التقنيتان VLBA وEVN إلاّ لالتقاط موجات راديوية بطول موجي أكبر من 3.5 ميلّيمتر، وهذا ما يوافق ميزا لا يتعدّى 100 ميكرو قوس-ثانية، وهذه قيمة أكبر من أن تسمح بتمييز أفق الثقب *Sgr A. والأكثر من ذلك هو أنّ الغازات بين النجوم - عند الأطوال الموجية هذه - تجعل صورةَ هذا الثقب الأسود ضبابية وغيرَ واضحة، تماما كما يشوِّش الضبابُ الكثيف قدرتنا على رؤية أضواء الشوارع فوق رؤوسنا. ويمكن الحلّ هنا في أن نستعمل **مقياسَ تداخل** interferometer يعتمد على أطوال موجية أقصر من ذلك من رتبة الميليمتر وأقل.

تبرز الآن مشكلةٌ أخرى مع تلك الأطوال الموجية الأقصر، وهي إمكان امتصاص بخار الماء في الغلاف الجويّ. ولهذا السبب توضع المقرابات التي تستخدم أطوالا موجية من رتبة الميلّيمتر وما

(*) Closing in on The Giant

(١) Very Long Baseline Interferometry، مقياس التداخل ذي الخط القاعدي الطويل جدا.

(٢) Very Long Baseline Array، الصفيف ذو الخط القاعدي الطويل جدا.

(٣) The European VLBI Network، شبكة التقنية VLBI الأوروبية.

أدنــى في أعلى المناطق الممكنــة ارتفاعا وأكثرها جفافا، كما هو الحــال على قمة بركان ماونا كي Mauna Kea فــي هاواي أو فــي صحراء أتاكاما Atacama فــي تشــيلي أو فــي القــارة القطبية المتجمّدة الجنوبية. وعندمــا يتمّ تنفيذ جميع هذه الخطــوات نحصل عمومــا علــى نافذتَين يمكن النظر من خلالهما بشكل جيّد، واحدة عند الطول الموجي الموافق لـ 1.3 ميليمتر والأخرى عند الموافق لـ0.87 ميليمتر. وتسمح منظومة مقرابات منتشرة في أرجاء الأرض بالحصــول عند هذين الطولَين الموجيَّين على قوّتَي ميــز بقيمتَي 26 و 17 ميكرو قوس ثانية علــى الترتيب، وهذا يكفي لتمييز أفق الثقب الأسود *Sgr A.

ويمكن إدخالُ عدد من المقرابات الموجودة حاليا (في هاواي، وعلى طول القسم الجنوبي الغربي من الولايات المتحدة، وفي تشيلي والمكسيك وأوروبا) ـ والتي تعمل بأطوال موجية من رتبة الميليمتر وما أدنى ـ ضمن مثل هاتين المنظومتَين. ولكن، نظرا لأنّ الفلكيّــين بنوا هذه المقرابات في الماضي لأغراض أخرى، فإنّ تعديلها وتهيئتها بحيث تصبح ملائمة لمقياس التداخــل VLBI يتطلّب التغلّب على كثير من التحدّيات التقنية؛ ومنها تطوير نظم إلكترونية بضجيج فائق الانخفاض ومســجّلات رقمية ذات نطاق تردّدي عَرْضُه عال جدا.

ومــع ذلك، تمكّــن فريقٌ من العلماء بقيادة <S. S.> دولمان> في المعهد MIT من حلّ هذه المعظلات في عام 2008. وقد قام هذا الفريقُ بدراســة الثقب الأســود *Sgr A عنــد طــول موجي مســاو لـ 1.3 ميليمتر، وذلك باســتخدام منظومة مكوَّنة من ثلاثة مقرابات فقط موجودة في أريزونا وكاليفورنيا وعلى قمــة ماونا كي. إنّ هذا العدد الصغير من المقرابات لا يكفــي لتوليد صورة، ولكــنّ الباحثين نجحوا في تمييز الثقب *Sgr A، إذ دلّت بياناتهم على أنه يمتلك مناطــق ســـاطعة ذات حجم يغطي زاويــة قــدرها 37 **ميكروقــوس ثانيــة**[1] فقط؛ أي مــا يكافئ نحو ثلثَي مقاس أفق حدث الثقب الأســود. واســتخدام مقرابات إضافية لا بدّ أن يجعل أمرَ الحصول على صورة ظلّيّة قاتمة لأفق حدث الثقب شيئا ممكنا.

تشــير الأرصاد الحديثة التي تمت باستخدام مقياس التداخل VLBI الميليمتري الآن إلى أنّ عدمَ امتــلاك الثقب الأســود *Sgr A لأفقٍ حدث هو أمر بعيــد الاحتمال جــدا. إنّ عمليــةَ التَراكُم المتعاظِم فوق ثقب أســود تختلف كلّيّة عنهــا في حالة جرم سماوي ليس له أفق. ففي كلتا الحالتَين تجلب المادةُ المتعاظِمة التراكُم معها مقاديرَ كبيرة من الطاقة أثناء ســقوطها إلى الداخل، ولكنّ هــذه الطاقة تتحوَّل ـ في حالة غيــاب الأفق ـ إلى حرارة عندما تســتقرّ المادةُ المتعاظمة التراكُم وتأخذ شكلَها النهائي، ليتمّ إطلاقُها لاحقا على شــكل إشــعاع، وهذا ما يولّد طيفا حراريــا مميَّزا ومرئيا بالنســبة إلىالمراقبين الخارجيّين. وعلى خلاف ذلك، يمكن للمادة الساقطة نحو الداخل ـ في حالة الثقوب الســوداء ـ أن تحمل معها أيَّ مقدار من الطاقة عبر الأفق، وهذا ســوف يخفي تلك الطاقة إلى الأبد.

يمكننا في حالة الثقب *Sgr A أن نســتخدم مقــدار ســطوعه الكلّــي للحصــول علــى قيمة تقديرية لمعدّل ســقوط المــادة المتعاظِمة التراكُم. تضع الأرصاد بوســاطة مقياس التداخل VLBI الميليمتــري قيدا صارما على أعظــم قيمة يمكن أن يبلغهــا مقاسِ الحافة الداخليــة لتدفّق المادة المتعاظِمــة التراكُــم، ومن ثم على مقــدار الطاقة المتحرِّرة أثناء سقوط المادة المتدفّقة حتى وصولها إلــى تلك النقطة. فلو لم يكــن للجرم *Sgr A أفق حــدث (وبالتالي ليس ثقبا أســود)، لتعين أن يتمّ إشعاعُ الطاقة الزائدة عندما تستقرّ المادة المتعاظِمة التراكُم وتهدأ، فتُصدِر بشكل رئيسي موجات في منطقة الأشــعة تحت الحمراء. ولكن، على الرغم من الأرصاد الدقيقة لم يجد الفلكيّون أيّ إصدار حراريّ في منطقة الأشــعة تحت الحمراء ينطلق من الجرم *Sgr A. والطريقة الوحيدة لتسوية هذا التعــارض من دون وجود أفق حدث هي افتراض أنّ المادةَ الســاقطة تُشِــعُّ إلى الخارج كلَّ الطاقة الزائدة عند لحظة غوصِها إلى الداخل، ولكنّ هذا الأمر تلزمه قيمٌ للمردوديّة الإشعاعيّة مرتفعة إلى حد غير مقبول به منطقيا.

إنّ الثقبَ الأسود *Sgr A هو الثقب الفائق الكتلة الوحيد الذي يسمح قربُه منّا للمقرابات (التلسكوبات) بأن تكون قادرة على فصل وتمييز النجوم المنفردة الواقعة بالقرب منه.

صورة فنيّة لوحش(*)

كنّــا، من بين نظريّــين آخرين، منشــغلَين جدا بمحاولة التنبّؤ بما يمكن أن يراه المراقبون الفلكيّون عندما يبدأ مقيــاس التداخــل VLBI بإنتاج صور للثقب *Sgr A في الســنوات القليلة القادمة. وبشكل إجمالي يُســبّب وجودُ الثقب الأسود إسقاطَ صورة ظليّــة على خلفية من «ورق الجــدران» المصنوع من إصدارات غاز التراكُم المتعاظِم في الجوار القريب. وينشــأ هذا «**الخيال**» shadow؛ لأنّ الثقب الأســود يمتصّ الأشــعةَ الضوئية الواردة باتجاه المراقب من المناطق الواقعة خلف الثقب تماما. وفي هذه الأثناء،

(*) Portrait of a Monster
(١) microarcsecond

تجـري تغذيــة المناطق السـاطعة حـول «الخيال» بموجـات ضوئية إضافيــة تأتي من خلــف الثقب الأســود، وهي بالكاد تتجنّب الأفق. ويســبّب الأثر العدســي التثاقلي القويّ انحناءَ الأشعة الضوئية، بحيث تسهم حتى المادة الواقعة خلف الثقب تماما، في الضوء المحيـط بالمنطقة المعتمـة. أما الصورة الظلّيّة الناتجة هي مــا نقصده بعبارة «صورة فنية لثقب أســود»، فهي صورة متوافقة مع الواقع يكون فيها الثقبُ الأسودُ أسودَ اللون حقيقة.

ولن يكون هذا الخيــال على هيئة قرص دائريّ الشكل، ويعود ذلك بشكل أساسي إلى القيم الهائلة للســرعات المدارية للغــاز التي تقترب من ســرعة الضوء. وسوف ينزاح الإصدارُ الإشعاعي من مثل هذه المادة السريعة الحركة بسبب **مفعول دوبلر**(1)، وسوف يتمركز ضمن مخروط ضيّق محوره منطبق علــى اتجاه حركة المادة. وهذا يُزيد كثيرا ســطوعَ الإشــعاع الصادر عن الغاز الحائم في الجانب ذي الاتجاه المقترب، في حين يُنقِص سطوعَ الجانب ذي الاتجاه المبتعد فيصير معتما، ومن ثمّ ســوف ينتج لدينا شكلُ هلال ساطع بدلا من حلقة كاملة ساطعة تحيط بصورة ظلّيّة قرصيّة الشــكل. ولا يزولُ عدمُ التناظر هذا إلاّ إذا كنّا بالصدفة ننظر باتجاه منحى محور دوران القرص.

إنّ تدويم الثقب الأسود نفسه، الذي يمكن أن يكون محور دورانه مختلفا عن محور دوران قرص التراكُم المتعاظِم، يُحدث تأثيرا مشابها. فمثل تلك الصور ســوف تمكّن الفلكيّين مــن تحديد اتجاه تدويم الثقب الأســود ودرجة ميــل قرص التراكُم المتعاظِم بالنســبة إليه. وبشــكل لا يقلّ أهميّة عن ذلك بالنســبة إلى الفيزيائيين الفلكيّين، ستزوّدهم هذه البيانات بمعلوماتٍ إدخال آتية من أرصاد لا تقدَّر بثمن من ناحية المســاهمة في ابتكار نماذج نظرية التراكُم المتعاظِم، وهذا سيسمح ـ على نحو حاســم ونهائي ـ بالإجابة عن الســؤال الصعب المتعلــق بمقــدار كثافة الغــاز وبطبيعة الشــكل الهندســي للحافّة الداخليّة لتدفّق مــادة التراكُم المتعاظِم.

هنــاك ثقوب ســوداء أخــرى فائقــة الكتلة يُفتــرَض أن تقــع أيضــا ضمن نطــاق مقياس التداخل VLBI، ومن ثمّ يمكــن مقارنتها بالثقب Sgr A*. وقــد بيّنا مؤخّــرا أنّ ثاني أفضل ثقب يجب اســتهدافه هو الثقب الأســود الذي يُعتقَد بوجوده فــي مركز المجــرّة الإهليليجية العملاقة M87. ويقع هذا الثقب الأســود على مسافة تُقدَّر بـ55 مليون ســنة ضوئية بعيــدا عنّا، وحتى وقت قريب، بلغ التقدير المعياري لكتلته من قبل الفلكيين نحو ثلاثة مليارات من كتلة الشــمس، مما يعطيه صورة ظلّيّة مُتوقَّعة أصغرَ قليلا من نصف مقاس صورة الثقب Sgr A*. ولكن في الشــهر 2009/6، اســتخدم <K. گيبهاردت> [من جامعة تكساس] و<J. توماس> [من معهد ماكس پلانك للفيزياء غيــر الأرضيّة في ألمانيا] أحدثَ البيانات الفلكيّة، وقاما بتحديث نماذج توزيع النجوم والمادة المعتمة (المظلمة) فــي المجرّة M87، ليســتنتجا أنّ كتلة ثقبها الأســود تقارب 6.4 مليار كتلة الشــمس، وهذا يكفي لأن يجعل صورتــه الظلّيّة نحو ثلاثة أرباع قطر الصورة الظلّيّة للثقب Sgr A*.

بفضل الأثر العدسي التثاقلي تسهم حتى المادة الواقعة خلف الثقب الأسود تماما في الضوء المحيط بخيال الصورة الظلّيّة.

يتفــوّق ثقبُ المجرّة M87 في نواح عدة ـ على زميله الثقب Sgr A* كهدف واعد ولافت للانتباه. فهو يمتلك نفثا دفقيا مفعما بالنشــاط والحيوية يمتدّ حتى 5000 ســنة ضوئية، وســوف يزوّدنا تمييــزُ المنطقة المُطلِقة للنفث بمعلومات حاســمة فيما يتعلّــق بجهودِ النظريّــين الحثيثة من أجل فهم هذه التدفّقات نحو الخارج ذات الســرعات النســبوية العالية. وعلى خــلاف الثقب Sgr A*، يقع ثقب المجرة M87 في نصف الكرة الشــمالي للقبة السماوية، وهذا ما يجعله ـ مقارنة بالنصف الآخر ـ أكثر قابلية للتعامل معه بمقياس التداخل VLBI باســتخدام المراصــد المتوفّــرة الحالية، والتي لا يقع إلاّ قســمٌ صغيرٌ نسبيا من أطباقها فــي الجنــوب. إضافة إلى ذلك، وبمــا أنّ حجم ثقب المجرة M87 أكبر بنحو 2000 مرّة من حجم الثقب Sgr A*، فــإنّ التغييرات الديناميكية التي تطرأ عليه ســوف تحدث خــلال مقاييس زمنية بالأيــام بدلا مــن الدقائق. فقيمــة **دورُ الحركة المداريــة** the orbital period بالقــرب من الحافة الداخلية لقرص التراكُم المتعاظِم، محصورة بين نصف أســبوع وخمسة أســابيع (حسب مقدار تدويم الثقب). وهكــذا، يجب أن يكون الحصول على صور متتالية للأحداث المتجلّية أمرا أســهل بكثير في حالة ثقب المجرة M87 منها في الآخر. وأخيــرا، فمن المرجَّــح جدا أن تعانــي الصورُ ذات الميــز العالي درجة أقلّ مــن ذلك النوع من التشــويش والضبابية الذي يفرضه الغاز ما بين النجوم الفاصل بيننــا وبين الثقب Sgr A*. وفي الوقت الراهن، تبلغ دقةُ التمييز في أفضل صور مقيــاس التداخل VLBI المأخــوذة للمجرة M87 بأطــوال موجية من 2 إلــى 7 ميليمتر، نحو 100 ميكــرو قوس–ثانية، وهي قيمــة أكبر بمرّتَين من

(1) Doppler effect

[التصوير]

اصطياد الوحش(*)

يقوم الفلكيّون ببناء وتطوير عدة صفيفات من المقرابات الراديوية تهدف إلى تكوين شبكة من المراصد (*الشكل الأيسر*) تغطّي الكرة الأرضية بمجملها، بحيث يمكنها أن ترصد الثقب الأسود Sgr A* ومناطق الجوار المباشر له باستخدام أطوال موجية قريبة من 0.87 و1.3 ميليمتر («نافذتان» لا تُمتصان بقدر كبير من قبل الغلاف الجوّي للأرض، ولا تبعثران من قِبَل الغاز ما بين النجوم). وسوف يسمح الحجمُ الكبير للشبكة بإجراء أرصاد ذات قوة ميز كافية لإنتاج صور من أفق حدث الثقب Sgr A*.

ومن المتوقع أن يكشف لنا المظهرُ الذي سيبدو عليه الثقب Sgr A* معلومات حول اتّجاه منحى قرص التراكُم المتعاظم لهذا الثقب بالنسبة إلى اتّجاه خطّ نظرنا، وحول مقدار سرعة تدويم الثقب (أي دورانه حول نفسه). وتُعتبَر هاتان المعلومتان من أهمّ الحقائق الأساسية التي يجب معرفتها عن منظومة الثقب Sgr A*، وهما ضروريّتان لفهم جميع الأشياء الأخرى التي تأتينا من أرصاده (*أدناه*). وفي المناسبات العارضة التي تتوهجّ خلالها بقعةٌ ساطعة في قرص التراكم المتعاظِم، يشكل الأثر العدسي التثاقلي للثقب الأسود عدّةَ صور جزئية للبقعة المعنية (*الصفحة المقابلة*). وإذا أمكننا تمييزُ هذه الصور الجزئية، فستزوّدنا بمعلومات تفصيلية عن الحقل التثاقلي قربَ الثقب الأسود، وهذا سيشكّل اختبارا صارما لمدى صحة تنبؤّات النسبية العامة.



تجميع البيانات

يعتبر الصفيف المتّحد للأبحاث في مجال علم الفلك الموجي الميلّيمتري (كارما)[1] المقام في منطقة Cedar Flat في كاليفورنيا (*في الأعلى*) واحدا من عدّة صفيفات مقرابية راديوية يقوم علماء الفلك بتطويرها وتعديلها كي تتمكّن من رصد أفق حدث الثقب الأسود Sgr A*. وتستطيع شبكةٌ من أمثال هذه المراصد (*في اليمين*) تفصل بينها خطوط قاعدية baselines بطول آلاف الكيلومترات (*خطوط*) ـ أن تستغلَّ تقنية تسمى مقياس التداخل ذي الخطّ القاعدي الطويل جدا لإنتاج صور ذات ميز resolution مماثل بدقّته لما كان سيعطيه طبقٌ راديوي بحجم كوكب الأرض. هناك أربعة صفيفات (*لون أخضر*) جاهزةٌ اليوم للعمل سوية، في حين أن هناك صفيفين (*لون زهري*) لا يزالان في مرحلة البناء والتطوير، أمّا الصفيف الأخير (*لون أزرق*) فلا يحتاج إلاّ إلى تكييفه وتعديله ليكون ملائما لعمليات الرصد باستخدام أطوال موجية أقل من الميليمتر.

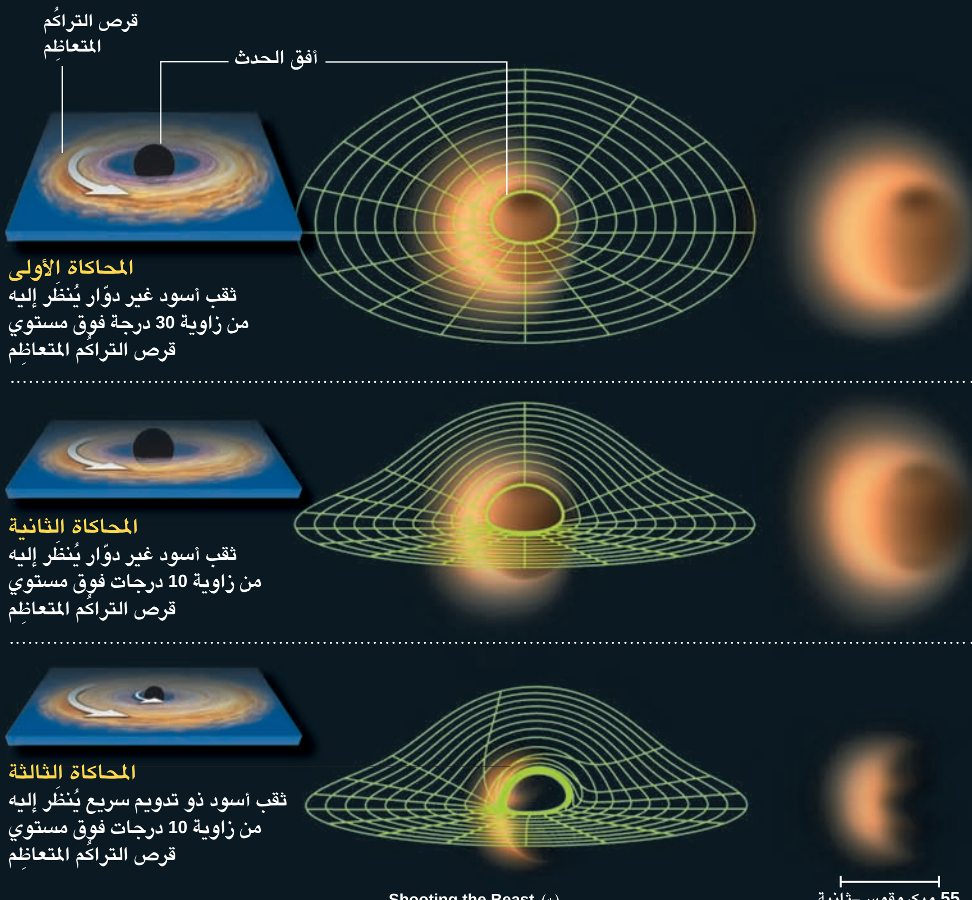


ماذا يمكن للصورة الظلّيّة أن تكشف؟

تبيّن المحاكاة الحاسوبية كيف سيبدو قرصُ تراكُم متعاظِم يدور حول الثقب Sgr A* تبعا لاتّجاه منحى القرصَ ولمقدار تدويمه. وتحتوي الصور الثلاث (في *أقصى اليمين*) على التأثيرات الضبابية المشوِّشة التي يسبّبها الغاز ما بين النجوم.

وتقع الشبيكة grid الإحداثية الخضراء في مستوي قرص التراكُم المتعاظِم، متمركزة على الثقب الأسود. وتقع حلقةُ الشَبيكة الأكثر توغّلا نحو الداخل على أفق حدث الثقب. ويسبّب انحناءُ الضوء الناجم عن ثقالة الثقب أو ما يُعرَف بالأثر العدسي التثاقلي gravitational lensing effect تشوّهَ منظر الشبيكة، ويؤدي كذلك إلى تكبيرِ الصورة الظلّيّة للثقب. وبما أنّ قرص التراكُم المتعاظِم يدور حول الثقب بسرعات تقترب من سرعة الضوء، فإنّ النسبية الخاصة special relativity تُظهِر آثارها جاعلة جانبَه المتحرّكَ نحونا (الجانبِ الواقع إلى *يسار* أفق الحدث في الرسم المرافق) أكثرَ سطوعا من الجانب المبتعد عنا. وفي الصورة السفلية، يسبّب الاندفاع الزاوي الكبير angular momentum للثقب الأسود انحرافا إضافيا للضوء، وهذا ما يزيد من تشوّه رؤيتِنا للمستوي الاستوائي ويغيّر بطريقة درامية مَظهرَ الغاز المتعاظِم التراكُم.

وهكذاً، يمكننا عبر مقارنة صور الثقب Sgr A* بالمحاكيات الحاسوبية أن نحدّد اتّجاه منحى المنظومة ومقدار تدويم الثقب، ويمكن لذلك أيضا أن يزوّدنا ـ من خلال مقاس الصورة الظلّيّة ـ بتقدير جديد لكتلة الثقب.

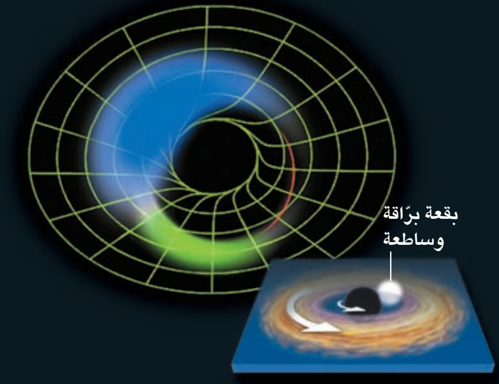


(*) Shooting the Beast
(١) Combined Array for Research in Millimeter-Wave Astronomy: CARMA

مقاس الصورة الظلّيّة للثقب الأسود التي نتوقّعها.

ومن أجل الثقبين *Sgr A و M87 ثمـة توقع مثير للاهتمـام على المدى البعيد، وهو إمكانية تصوير التوهّجات المفاجئة التـي نراها في إصداراتهما من وقـت لآخر. وإذا كانت بعض هذه التوهّجات المفاجئة ناجمة عن بقع برّاقة وسـاطعة ضمن تدفّق المادة المتعاظمة التراكُم (كما يظـنّ معظم النظريّين)، فإنه يمكن استخدامها لوضع خريطة ذات تفاصيل دقيقة للزمكان حول أفق الحدث. وسـيرافق الصورةَ الرئيسية لكلّ بقعة صورٌ إضافية موافقة لأشعة ضوئية تصل إلـى المراقِب عبر طرق غير مباشرة تلتوي حول الثقب [*انظر الإطار في اليمين*]. إن أشكال ومواقع الصور ذات المراتب الأعلى تكوّد بنية الزمـكان بالقرب من الثقب الأسـود، وسـتزوّدنا بالفعل بقياسات مستقلّة لهذه البنية حسـب الأماكـن المختلفة التي تجتازها رزمة الأشـعة الضوئية الخاصّـة بـكلّ صورة. فـإذا أخذنا مجمل هذه البيانات معا؛ فسوف تمثّل اختبارا جديّا لتنبّؤات النسبية العامة عن سلوك الثقالة الشديدة بالقرب من الثقوب السوداء.

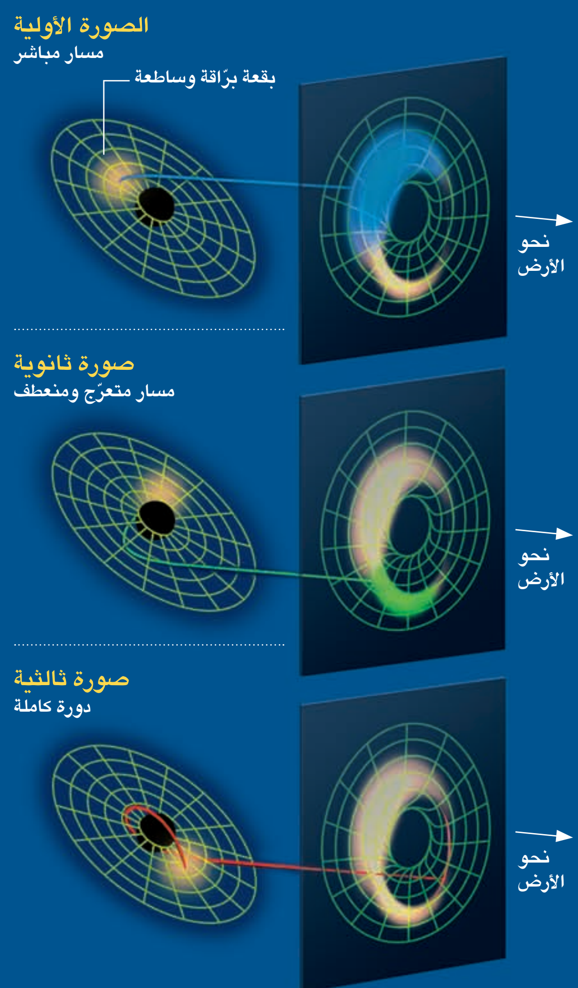
تدخـل اليـوم الأرصـاد المتعلّقة بالثقوب السـوداء عصرا ذهبيا. فبعد مرور نحو قرن على وضع آينشـتاين لنظرية النسـبية العامة، نجد أنفسنا أخيـرا في وضع يسـمح لنا باختبار مدى صحـة وصـف هـذه النظرية للثقالة ضمن الشـروط الاسـتثنائية الموافقة للثقوب السـوداء. وسيزوّدنا التصوير المباشـر للثقوب السـوداء بجهاز اختبار جديد كي نقارن نظرية آينشتاين بمنافسـاتها من النظريات البديلة. وعندمـا تصير صور الثقبين *Sgr A و M87 متوفّرة، فإننا سنكون قادرين على اسـتقصاء وفحص بنية الزمكان بالقرب من الثقوب السـوداء بشكل تفصيلي. ■



قياس الثقالة بواسطة الصور العدسيّة

يستطيع الفلكيّون قياسَ شدة الثقالة في الجوار القريب جدا من ثقب أسود عن طريق تحليل مجموعة من الصور الجزئية (تمّ التقاطها بواسطة الأثر العدسي التثاقلي) لبقعة برّاقة وساطعة موجودة في قرص تراكُم متعاظم. ويبيّن الشكل (في الأعلى) صورةَ محاكاة تمثل بقعة برّاقة وساطعة بالقرب من ثقب أسود يدور بسرعة معتدلة، وقد لُوِّنَت للدلالة على الصور الجزئية الثلاث المكوِّنة لها والتي تشرحها الرسوم المعروضة في الأسفل.

تتشكّل الصورةُ الأولية (*المنطقة الزرقاء*) من الموجات الراديوية التي سلكت أكثرَ المسارات استقامة ومباشرة من البقعة نحو الأرض (*الخطّ الأزرق*). وبفضل ثقالة الثقب الشديدة يمكن لبعض الأشعة التي أصدرتها البقعة في وقت أبكر أن تسلك مسارا متعرّجا حول الثقب (*الخط الأخضر*)، وتصل إلى الأرض في الوقت نفسه مشكلة بذلك الصورةَ الثانوية (*المنطقة الخضراء*). وتولد الأشعةُ التي أُطلقت قبل أشعة الصورة الثانوية والتي أتمّت دورة كاملة حول الثقب الأسود (*الخط الأحمر*) الصورةَ الثالثية التي لا تُرى إلاّ بالكادّ (*المنطقة الحمراء*). وبما أنّ مواضعَ الصور الجزئية وأشكالها تعتمد على كيف تحني الثقالة الضوء في مواقع متنوّعة من الجوار القريب جدا من الثقب الأسود، فإنّ تحليلا كاملا لمجمل الصورة سوف يبيّن لنا ما إذا كانت النسبية العامة تصف بشكل صحيح الثقالةَ في تلك الأماكن أم لا.



مراجع للاستزادة

Event-Horizon-Scale Structure in the Supermassive Black Hole Candidate at the Galactic Centre. Sheperd S. Doeleman et al. in *Nature*, Vol. 455, pages 78–80; September 4, 2008.

Imaging the Black Hole Silhouette of M87: Implications for Jet Formation and Black Hole Spin. Avery E. Broderick and Abraham Loeb in *Astrophysical Journal*, Vol. 697, pages 1164–1179; June 1, 2009.

The Event Horizon of Sagittarius A*. Avery E. Broderick, Abraham Loeb and Ramesh Narayan in *Astrophysical Journal*, Vol. 701, pages 1357–1366; August 20, 2009.

Imaging an Event Horizon: Submm-VLBI of a Super Massive Black Hole. Sheperd S. Doeleman et al. in *ASTRO2010 Decadal Review*. Online at **arxiv.org/abs/0906.3899**

Inside Black Holes. Andrew J. S. Hamilton. Includes animations of descent into a black hole. Online at **jilawww.colorado.edu/~ajsh/insidebh**

U.C.L.A. Galactic Center Group Web site: **www.astro.ucla.edu/~ghezgroup/gc**

9002 rebmeceD ,naciremA cfiitneicS



قدرات مصادر الطاقات المتجددة(*)

إن الحاجة الملحة إلى التصدي للتغيّرات المناخية العالمية وضمان الطاقة يجعلان إيجاد بدائل مطوّرة عن الوقود الأحفوري أمرا حاسما. وفيما يلي فكرة عن هذه البدائل.

<L.M. وولد>

في الوقت الحاضر، تزوّد مصادر الطاقات المتجددة مثل طاقة الكهرباء المتولّدة من الخلايا الكهرضوئية وطاقة الإيثانول، بأقل من 7% من استهلاك الولايات المتحدة. وإذا استثنينا الطاقة الكهربائية المولّدة من مساقط المياه؛ فهي تزوّد نسبة أقل من 4.5%. وعلى الصعيد العالمي، فإن مصادر الطاقات المتجددة تزود فقط ما نسبته 3.5% من الكهرباء ونسبة أقل من وقود وسائل المواصلات.

غير أنّ تزايد هذه النسبة الصغيرة بالنسبة إلى الولايات المتحدة - كما يبدو ضروريا لإدارة غازات الدفيئة، والعجز في الميزانية التجارية والاعتماد على الموردين الأجانب - يتضمّن - على الأقل - ثلاثة مكوّنات معقّدة. وأوضح هذه المكوّنات هي كيف نحصل على الطاقة من الرياح والشمس والمحاصيل الزراعية بصورة اقتصادية. وبعد ذلك، لابد من نقل الطاقة من الأمكنة التي يتم جمعها فيها بسهولة، مثل المناطق الجنوبية الأمريكية المشمسة أو السهول المرتفعة التي تعصف بها الرياح، إلى أماكن يمكن استخدامها فيها. والمكوّن الثالث هو تحويل الطاقة إلى أشكال ملائمة. والأكثر بروزا في هذا المكوّن الأخير هو الطاقة الكهربائية المستخدمة في وسائل المواصلات التي يجب أن تُزَوَّد بها السيارات والشاحنات، إمّا عبر البطاريات (المدخرات) أو ربّما عبر طاقة الهدروجين.

وفي بعض النواحي، يتقدّم العمل في هذا المجال بسرعة إلى الأمام. فقد وجدت دراسة حديثة بدعم من الأمم المتحدة أنّ الاستثمار العالمي للطاقات المتجددة بلغ 148.4 مليار دولار في عام 2007 وهو أعلى بنحو 60% من عام 2006. غير أنّ توربينات (عنفات) جديدة تعمل بالرياح وخلايا شمسية تنضمان إلى البنية التحتية مع مصانع الطاقة العاملة بحرق الفحم الحجري، والتي يبدو أنها تعمل لساعات أكثر كل سنة وأنّ عددها يتضاعف أيضا.

وعلى الرغم من أنّ تكلفة الطاقة الشمسية وبصورة خاصة تكلفة طاقة الرياح قد انخفضت انخفاضا كبيرا على مر السنوات القليلة الماضية، فإنها لا تكون منافسة إلاّ إذا دُعِمَت ماليا أو موّلتها الدولة. يدفع قاطنو المساكن في الولايات المتحدة 11 سنتا، في المتوسط، لكل كيلوواط ساعة للطاقة من مصادر خليطة تستخدم الفحم الحجري والغاز الطبيعي والطاقة النووية وطاقة مساقط المياه، غير أنّ تكلفة الطاقات المتجددة أعلى من ذلك بكثير. وطبعا، تُعامل جميع أشكال الطاقة معاملة الثواب والعقاب من الحكومات، من حيث إنها كانت تؤمّن العمل لعمال مناجم الفحم الحجري أو تبرهن أنّ انشطار الذرة هو مفيد إلى حد ما إلى جانب القنابل الذرية. ولكن في كثير من الأمكنة، تحصل الطاقات المتجددة على شيء أفضل: وهي **الحصص** quotas. فقد يساعد رفع أسعار الوقود التقليدي على رفع أسعار السوق للوصول إلى تكاليف الطاقات المتجددة.



وقد يساعد رفع سعر الكربون أيضا؛ فكل ضريبة قدرها 10 دولارات على الطن الواحد من ثنائي أكسيد الكربون المنبعث من مصنع الطاقة الذي يعمل على الفحم الحجري سترفع ثمن الكيلوواط ساعة بنحو «بنس» واحد. ومع أنّ حجم التحويل هائل؛ في محتوى الطاقة، فإنّ إنتاج الفحم الحجري هو أكبر بنحو 70 مرة من إنتاج طاقة الرياح. والأرقام بالنسبة إلى النفط والغاز الطبيعي هي بصورة مشابهة أكبر بكثير.

في الصفحات التالية ملخص عن عناصر نظام طاقة من الطاقات مع إسهام كبير من الطاقات المتجددة والوسائل التي يمكن أن تتوافق فيما بينها.

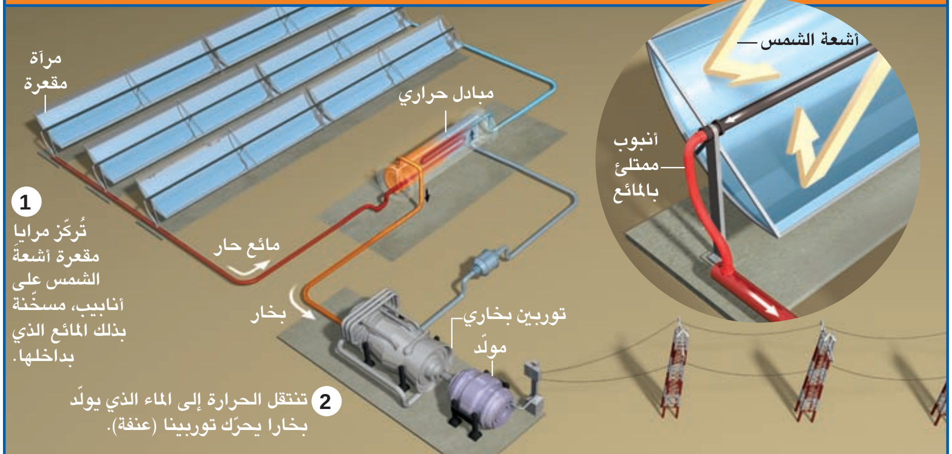
(*) The Power of Renewables


ACCESS
CALIFORNIA
CLEAN AIR VEHICLE

توليد طاقة كهربائية(*)

لا توجد تقانة تتلاءم مع جميع الحلول، وإنّما جمع الأنظمة قد يُحدث تزويدا دائما بالطاقة.

طاقة حرارة الشمس



في طاقة حرارة الشمس، تُركّز مرآة مقعرة تتعقّب حركة الشمس أثناء النهار ضوءَ الشمس لتسخين مائع زيتي أو مائي في أنبوب أسود. يتلوّى الأنبوب على مسافة أميال قبل الوصول إلى مبادل حراري يطلق البخار لتدوير توربين. والنظام يمكن أن يُبنى كملحق لمصنع يعمل بالغاز الطبيعي، وبذلك يمكن للغاز أن يُنتج البخار خلال الفترات الغائمة أو بعد مغيب الشمس. ويمكن لنماذج مستقبلية أن تحل الصوديوم المنصهر كمائع تشغيل، وهذا ما يتيح الوصول إلى درجات حرارة أعلى من دون الحاجة إلى درجات أعلى من الضغط.

والشيء البديل هو «برج الطاقة» power tower الذي يشابه إلى حد ما برج الماء ولكنه يكون مملوءا بالصوديوم المنصهر ومسخّنا بمصفوفات كثيرة من المرايا، بعضها على مسافة كيلومتر. ويمكن أن يوصل الصوديوم إلى خزّان معزول يمكنه أن يُخزّن كمية كافية من الحرارة لمتابعة التشغيل على مدار الساعة أو على الأقل خلال أوقات الحاجة إلى الطاقة.

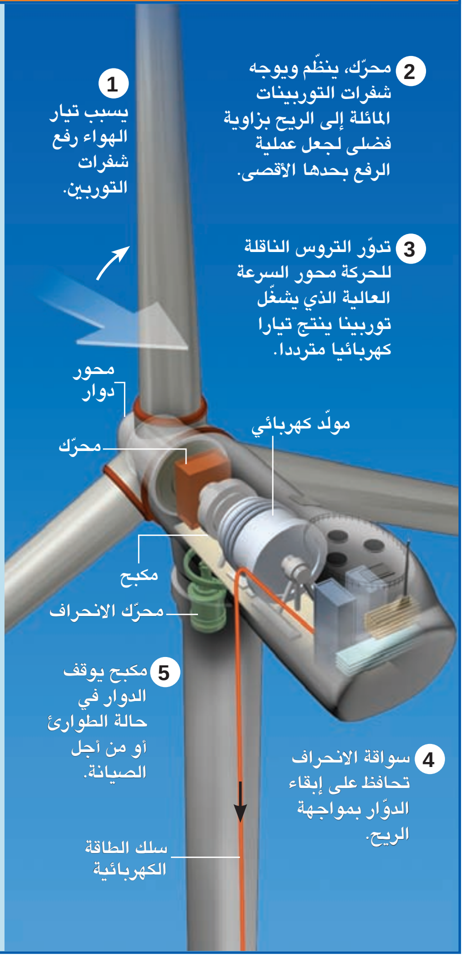
حالة النظام: أنظمة المرايا المقعّرة تجارية؛ تمّ تفسير عمل أبراج الطاقة.

السعر: 19.9 -28.1 سنت / لكل كيلوواط ساعة (لنظام المرايا المقعرة).

المزايا: يمكن أن يكون الأكثر فعالية لتخزين مصدر قابل للتجديد.

العيوب: يحتاج إلى أرض منبسطة؛ أفضل المصادر قد تكون بعيدة عن أماكن نقل الطاقة؛ يُفسد البيئة الصحراوية البكر، ربما يحتاج إلى مياه تبريد يصعب وجودها في الصحاري وهي المناطق الأكثر سطوعا.

طاقة الرياح



طاقة الأمواج البحرية

تنامى توليد الكهرباء بالطاقة المائية إلى الدرجة التي يمكن أن يصل إليها، معطيا اهتمامات بيئية بالسدود المائية. غير أنّ شاطئ المحيط الهادئ الشمالي الغربي يمكن أن ينتج ما بين 40 و 70 كيلوواط متر، بحسب وزارة الطاقة. ومع ذلك، يأتي استثمار طاقة مياه المحيط بعد استثمار طاقة الرياح والشمس وحرارة الأرض الجوفية. قام المخترعون بتصنيف (بحفظ ملفات) براءات اختراع طاقة الأمواج خلال قرنين.

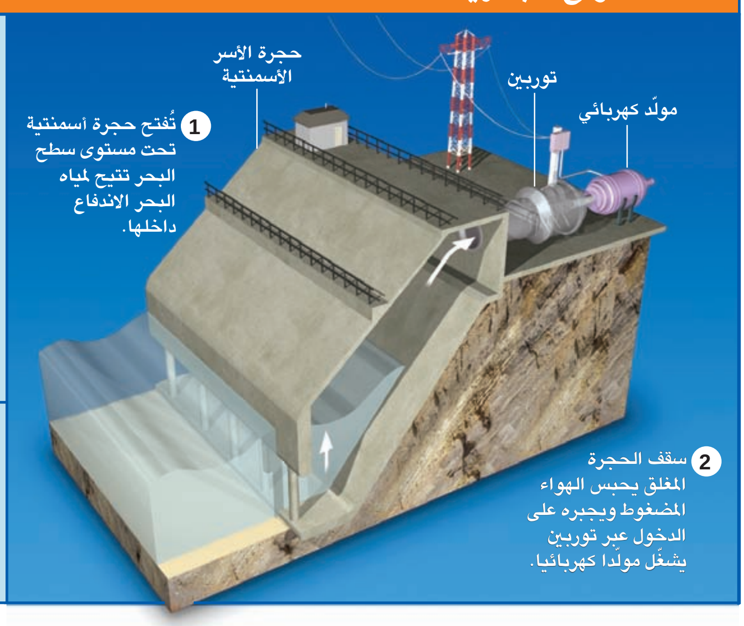
إحدى التقانات تقوم على تشييد عمود أسمنتي أو فولاذي مفتوح على المحيط وتحت مستوى سطح المياه ومغلق من القمة. إن الارتفاع والهبوط مع كل موجة يزيدان من ضغط الهواء وينقصان في قمة العمود بصورة متناوبة وهذا ما يؤدي إلي دوران التوربين. وحديثا دشنت شركة «ويفگن Wavegen» في اسكتلندا مولدا كهربائيا بقوة 100 كيلوواط يعتمد على هذا النظام. وثمة تصميم آخر يستخدم طاقة رفع وخفض منصة عائمة.

حالة النظام: تمّ التأكد من فاعليته ولكن ليس في ساعات الذروة.

السعر: من المبكر تقديره.

المزايا: عادة ما تكون خطوط نقل الطاقة قصيرة.

العيوب: تشييد بُنى دائمة في مناطق الأمواج القوية يكون مكلفا.



(*) Generating Electric Power

إن توليد الكهرباء بطاقة الرياح هو من أكثر المصادر الواعدة وأكثرها تقدّما – وربّما أكثرها صعوبة من مصادر الطاقات المتجددة. في عام 2007 ركبّ المصمّمون أكثر من 5.000 ميگاواط في الولايات المتحدة رفعت نقطة انطلاق الاستثمار إلى 46%. غير أنّ إسهام الكيلوواط ساعة كان محدودا؛ لأنّه على موقع جيد للرياح سينتج فقط نحو 28% من الطاقة التي ستتولد على مدار الساعة. والشيء الأسوأ، تعمل الرياح أكثر ما يكون في الليل عندما يكون الطلب منخفضا.

إن التقانة تُخفِّضُ التكاليف جزئيا بجعل آلات الرياح أكبر. وآخرها ستة ميگاواط ستشغل عدة مراكز تسوّق. على آلة من الآلات بهذا الحجم، يبلغ طول كل شفرة نحو 65 مترا أي ما يعادل اتساع جناحي طائرة البوينگ 747. والنماذج الجديدة فعّالة جدا، تأسر نحو نصف طاقة الرياح التي تمر عبرها.

حالة النظام: تجاري؛ يتنامى بسرعة.

السعر: 6.1 – 8.4 سنت / كيلوواط ساعة (غير أنّ نقل الطاقة يمكن أن يرفع هذه الأسعار إلى قيم أعلى).

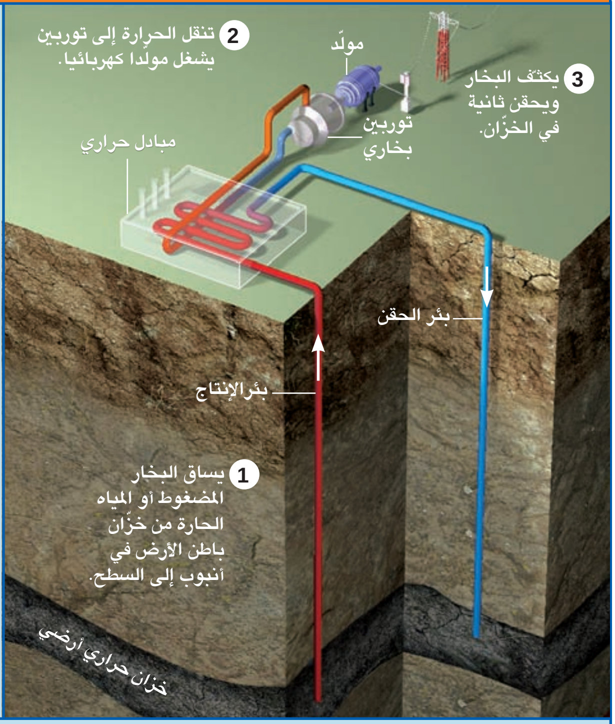
المزايا: تقدّم أكبر سعة لإنتاجية الطاقة؛ لا حاجة إلى مياه التبريد.

العيوب: يرتبط الإنتاج بصورة ضعيفة بالحمولة؛ البعض يعترض على مظهر وصوت الأجهزة وأبراج نقل الطاقة؛ تهديد بعض الطيور والخفافيش؛ قد يتداخل مع رادارات المراقبة الجوية؛ أفضل المواقع لا تكون بالقرب من المراكز السكانية.

طاقة الحرارة الأرضية

بخلاف طاقة الرياح والطاقة الشمسية، تعمل طاقة الحرارة الأرضية حسب الحاجة. «الحرارة موجودة في باطن الأرض؛ يمكن الاعتماد عليها،» هـذا مـا ذكره s> تشو [مدير مختبر لورنس بيركلي الوطني ومرشح الرئيس أوباما لوزارة الطاقة]. تعمل المحطات على مدار الساعة.

لا يحتوي كل موقع على صخور حارة، غير أنّ هاواي تولّد ربع طاقتها بهذه الطريقة وتولّد كاليفورنيا 6%. تستخدم تجهيزات طاقة الكرة الأرضية المياه الحارة، والتي تتدفق لأعلى بنفسها، غير أنّ مساحات واسعة من الولايات المتحدة تحتوي على « صخور جافة وحارة»، تتطلب كما يقول مؤيدو النظام، حقن المياه فقط عبر بئر عميقة. معظم الأنظمة تستخدم مبادلا حراريا لغلي المياه العذبة والحصول على البخار لتدوير التوربين.



حالة النظام: تجاري، ولكن بشكل محدود.

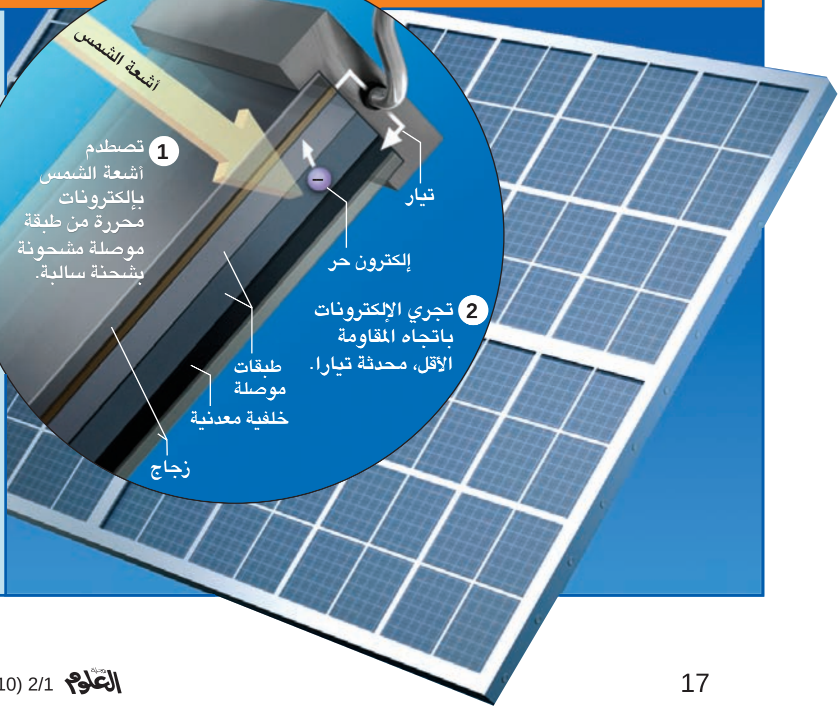
السعر: 6.2-7.6 سنت/ كيلوواط ساعة.

المزايا: يعوّل على التزويد بصورة كافية؛ ليستخدم من أجل طاقة الحمولة الأساسية.

العيوب: يمكن أن يحوز بخار المياه الجوفية على مركبات خطرة تخرّب المبادلات الحرارية، وإذا جرى إطلاقها تلوّث الجو؛ الموقع يكون منطقة ضعف في الطبيعة وغالبا لا يتلاءم مع وجود خطوط الطاقة.

الطاقة الفوتوفلطية – الشمسية

تدخل طبقتان من مواد شبه موصلة، واحدة تتضمّن إلكترونات إضافية وأخرى تتضمّن «ثقوبا» holes إضافية، معا بين ألواح فوتوفلطية (كهرضوئية) photovoltaic. عندما تمتص المادة أشعة الشمس تتحرّك الإلكترونات الزائدة من طبقة إلى أخرى، محدثة تيارا كهربائيا. لوحظ هذا الأثر قبل 169 سنة، غير أنّ العلماء والمهندسين لا يزالون يعملون على تحسين فاعليته. وأول استخدام عملي كان في برنامج فضائي حيث استعملت خلايا على نطاق واسع في شبكة، غير أنّ هذا النظام لا ينافس الآن الوقود الأحفوري وحتى مصادر الطاقات الأخرى المتجددة على الشبكة. يمكن أن تُدمج القلطيات الضوئية في الأبنية الجديدة كغطاء للسقوف أو تُدمج في مواد واجهة الأبنية، بتكلفة أقل.



حالة النظام: تجاري، ولكنه منافس في التطبيقات الشبكية فقط عندما يطلب بالحصص أو يدعَم بشكل قوي من قبل الحكومة.

السعر: 46.9–70.5 سنت /كيلوواط ساعة.

المزايا: من الممكن استعماله في مناطق المدينة المزدحمة كهربائيا، حيث لا يوفر فقط ثمن التوليد الكهربائي وإنّما يوفر أيضا ثمن تمديد خطوط جديدة لنقل الكهرباء؛ الإنتاج الذروي يوافق الحمل الذروي إلى أبعد الحدود؛ لا حاجة إلى ماء التبريد.

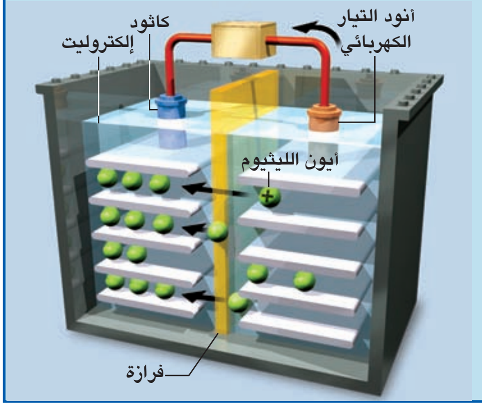
العيوب: إذا سألت عن التكلفة، لا يمكنك تحمّلها؛ الإنتاج صغير جدا.

تخزين وتحرير الطاقات المتجددة(*)

إن مصادر الطاقة المتقطّعة (غير المستمرة) مثل الرياح أو الشمس، تتطلب أنظمة تخزين وتحرير الطاقة. هناك كثير من المنافسين :

بطاريات محركة للسيارات

يحتاج صانعو السيارات إلى بطارية أيون- ليثيوم تدوم 15 سنة إضافة إلى 5000 دورة شحن، أي أكثر بكثير من بطارية أيونات الليثيوم العادية في أجهزة المستهلك الحالية. الهدف هو سعر 300 دولار لكل كيلوواط ساعة قابل للاستعمال من التخزين للبطارية التي ستشغّل سيارة مسافة 40 ميلا، على افتراض بمعدل أكثر بقليل من 3 أميال بالكيلوواط ساعة. وتخطّط شركة جنرال موتورز لتسويق سيارتها التي تسير بنوعين من الوقود (الكهرباء والنفط) عام 2010؛ أمّا شركة فورد فستسوّق سيارتها بعد خمس سنوات. وفي هذه الحالة، يئن الصوت في السيارة «هل وصلنا؟» قد لا يكون الطفل في المقعد الخلفي؛ قد يكون السائق.

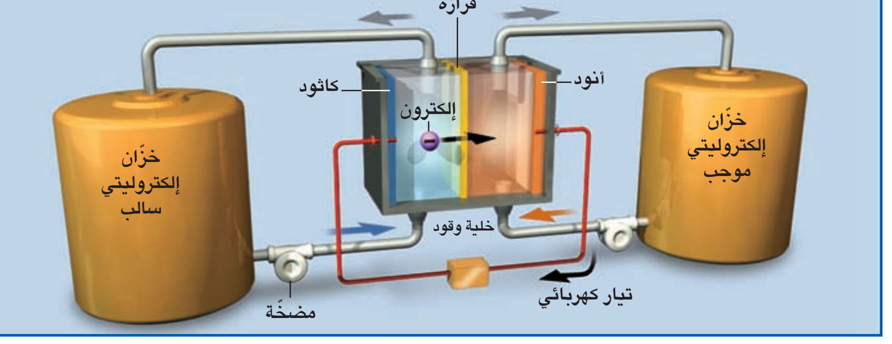


خلايا الوقود

الكهرباء من أي مصدر، مثل المصدر الشمسي أو الريحي وحتى مصدر الفحم الحجري، يمكن أن تستعمل لتفكيك جزيئات الماء إلى مركباته الهدروجين والأكسجين في جهاز يدعى المحلّل الكهربي electrolyzer. ويمكن للهدروجين أن يجري عبر خلية وقود لتوليد الكهرباء. والجانب السلبي في خلايا الوقود هو أن تكلفتها مرتفعة بآلاف الدولارات لكل كيلوواط من السعة، ومردود الدورة round-trip عبر المحلّل الكهربي إلى خلية الوقود وبعد ذلك العودة إلى التيار يكون أقل من 50% - وهذا يعني أنه من أجل كل 2 كيلو واط ساعة خُزّنا في البنك، يعود كيلوواط واحد مرة ثانية.

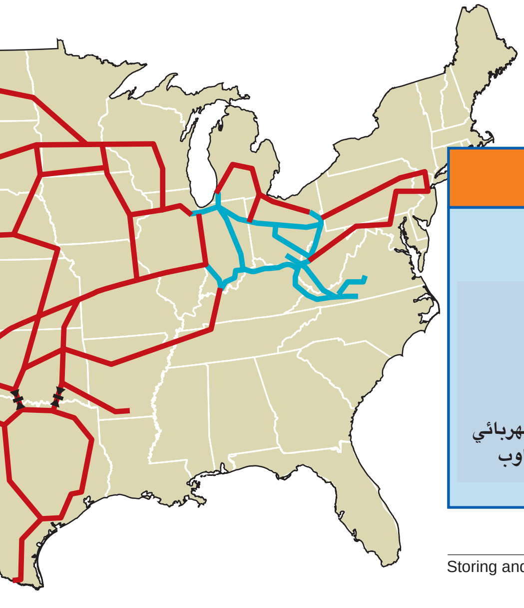
بطاريات ثابتة

تبيع شركة VRB Power Systems ومركزها ڤانكوڤر «بطاريات الجريان» flow batteries مع خزانات لتخزين مئات الگالونات من الإلكتروليتات. يجري في أحد الاتجاهين، ويمتص النظام الطاقة؛ وفي الاتجاه الآخر يعود فيعطي الطاقة ثانيةً بكميات من الميگاواط ساعة. يكلف تخزين الكيلوواط ساعة ما بين 500 و 600 دولار، ويبلغ مردود الدورة ما بين 65 و 75% وهذا يعني أن البطارية تفقد ما بين 25 و 35 من الكهرباء المخزّنة، هذا النظام سيرفع ثمن الكيلوواط ساعة المولّد بالطاقة الشمسية بنسبة 50% أو أكثر.



الهواء المضغوط

في عام 1999، افتتحت شركة الألاباما التعاونية للطاقة Alabama Energy Cooperative محطة لتخزين الطاقة المولّدة بالهواء المضغوط باستخدام محطات تعمل بالفحم الحجري التي لا تعمل عادة في الليل، لضخ الهواء في قبة ملحية مجوفة بضغط أكثر من 1000 رطل لكل بوصة مربّعة. وعند الحاجة إلى طاقة إضافية في النهار يُدخل الهواء المضغوط إلى توربين الاحتراق الذي يعمل بالغاز الطبيعي. وفي الحالة الاعتيادية، يضغط التوربين هواءه الخاص، وتتطلّب معظم المولّدات الفعّالة في الوقت الحاضر 6000 وحدة حرارية بريطانية (Btu) من الغاز الطبيعي لإنتاج كيلوواط ساعة. وفي المقابل، يخفّف تخزين الهواء المضغوط كمية استخدام الغاز الطبيعي بنسبة الثلث.



نقل الكهرباء

تكون إدارة المصادر المتقطّعة أقل صعوبة إذا كانت تغذي شبكة أكبر؛ فمن الممكن أن نحصل من منطقة تتضمّن 100 منشأة مبعثرة، ريحية أو شمسية، على سوية متوسطة من مستوى المدخلات. غير أنّه لا يمكن للشبكة الحالية أن توصل معظم الطاقة المحولة عبر مسافات كبيرة. ويمكن أن يكون الحل، بحسب ما أعلنته وزارة الطاقة عام 2008، بمُرحّل backbone جديد للشبكة عالي الفلطية أقرب ما يكون إلى شبكة الطرق السريعة بين الولايات. ويتضمّن هذا المرحّل نحو 19000 ميل من نقل الطاقة إضافة إلى 130 برجا بقيمة 2.6 مليون دولار للميل الواحد. ويمكن أن ترفع الفلطية إلى 765000 فلط وذلك لتخفيض ضياع الطاقة أثناء نقل الكهرباء بالكبلات. وهذا النظام لا يتطلّب تقانة جديدة وإنّما يتطلّب أمرين اثنين لا تمتلكهما الولايات المتحدّة حاليا هما: تعهد وطني لدمج النظام الكهربائي على مستوى القارة، ودفع نحو 60 مليار دولار لإنجازه.

(*) Storing and Delivering Renewable Power

وقود من مصادر الطاقات المتجددة لوسائل المواصلات(*)

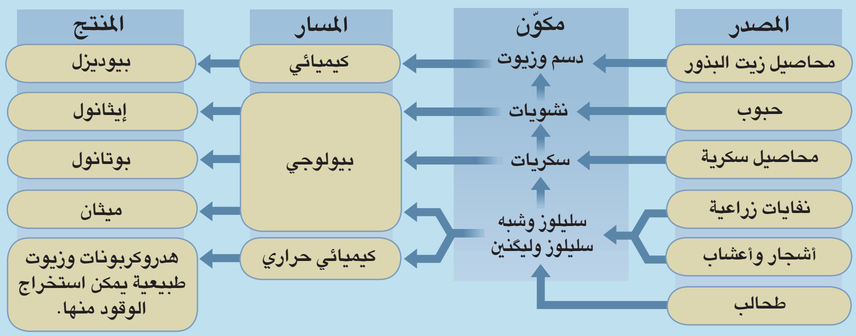
هناك ثلاث طرق لصنع وقود وسائل المواصلات السائلة من المصادر المتجددة. الطريقة الأولى هي، بكل بساطة، حرق الزيوت النباتية في محركات الديزل وغالبا ما يحرق زيت الصويا أو زيت النخيل. وليكون الزيت مرخصا باستعماله في الولايات المتحدة، يجب أن يُحوّل إلى مادة كيميائية تدعى إستَر ester. هذه العملية بسيطة، غير أنّ مدى استخدامها محدود والمبادرة بأكملها تتعلق بجدل الغذاء مقابل الوقود.

والطريقة الثانية بسيطة أيضا وهي أن ندع الخمائر تهضم السكريات وتنتج الكحول، غير أنّ ذلك، يكون محدودا أيضا في مدى استخدام هذه الطريقة ويضع محطة توزيع الوقود بالتنافس مع الأسواق فيما يتعلّق بمحاصيل الحقول.

إنّ الأحجام الهائلة من السكريات ترتبط، مع ذلك، بالمحاصيل التي لا تؤكل وبجزء من النباتات التي لا يأكلها الإنسان والتي تنمو كمواد غذائية، مثل تبن القمح وسوق وأغصان نبات الذرة. تحتوي هذه المواد السليلوزية على سكريات سداسية الكربون التقليدية وكذلك على سكريات خماسية الكربون لا تفكّكها الخمائر العادية.

وتفكيك هذه السكريات فيما يتعلّق بالطريقة الثالثة، يتم باستخدام بعض النباتات في مستوى اختباري البخار أو الحموض أو الاثنين معا. وثمة اختيار آخر وهو استخدام إنزيمات من جراثيم مبدّلة جينيا أو من فطريات. ولتحويل السكريات إلى وقود سائل يستخدم بعض الباحثين عمليات تحفيزية، ويعتمد آخرون على الخمائر، وغالبا ما تكون مبدّلة جينيا أيضا. إنّ بعضها تفكّك ببساطة المواد السليلوزية إلى غاز وقود من أحادي أكسيد الكربون وهدروجين ثم تحوله إلى جزيئات هدروكربونية، مثل الإيثانول والكحولات والسوائل الأخرى. وتتضمّن المواد الخام كمية كبيرة من الحُتات، مثل الرقاقات ولحاء الأشجار ومخاريط الصنوبريات؛ وكميات من الورق والبلاستيك من النفايات المنزلية؛ والفضلات الزراعية.

على الرغم من أن جميع هذه الطرائق قد بيّنت أنها تُستخدم بنجاح في المختبر أو على مستوى اختباري، فإنّ عملية تسويق تجارية ناجحة تبقى صعبة التحقيق. ومع ذلك، تشجع الحوافز والحصص الجهود الكثيرة.



حالة النظام: يشق طريقه بجهد نحو عملية تسويق تجارية.

السعر: لم يُحدّد بعد؛ الهدف غير مؤكّد بسبب أسعار الكازولين (البنزين) والديزل (المازوت) المتقلّبة إلى أبعد الحدود.

المزايا: إنّ بعض الوقود الحيوي فقير أو لا يحوي كربونا؛ يُقلّل الاعتماد على النفط المستورد عبر البحار.

العيوب: يضع بعض الوقود ضغوطا (أعباءً) على أسعار المواد الغذائية؛ إنتاج الوقود الحيوي من الحبوب يتطلّب كميات وفيرة من الوقود الأحفوري، وهكذا فإنّ الطاقة الكلية والمزايا الكربونية قليلة؛ معظم الوقود الحيوي أقل كثافة طاقية من الكازولين منتجا أميالا أقل بالكالون الواحد.

المؤلّف

Matthew L. Wald

مراسل في مجلة نيويورك تايمز، حيث غطى موضوعات الطاقة منذ عام 1979. لقد عالج موضوعات تكرير النفط وإنتاج الكهرباء والسيارات الكهربائية أو التي تسير بالطاقتين الكهربائية والبترول وتلوّث الهواء. يقيم ‹وولد› حاليا في واشنطن حيث يتابع عمله في موضوعات أمان المواصلات وموضوعات أخرى.

وهذه هي المقالة الرابعة التي يكتبها لمجلة ساينتفيك أمريكان.

مراجع للاستزادة

Department of Energy scenario for meeting 20 percent of electric needs with wind by 2030: www1.eere.energy.gov/windandhydro

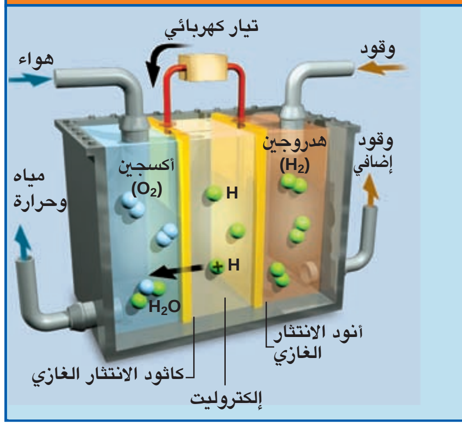
Hybrid power plant to be built in California that produces energy from solar power when it is available and natural gas when it is not: www.inlandenergy.com

Information on compressed-air energy storage: www.solarfeeds.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3256:compressed-air-energy-storage-further-along&catid=80:80&Itemid=173

Renewable Fuels Association facts on cellulosic ethanol: www.ethanolrfa.org/resource/cellulosic

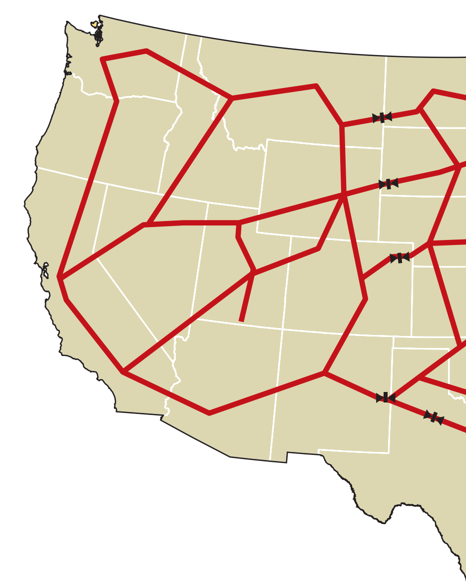
9002 hcraM ,naciremA cfiitneicS

(*) Renewable Transportation Fuels



طاقة تخزين الجليد

تبيع شركة أيس إنرجي (طاقة الجليد) Ice Energy، ومركزها كاليفورنيا، أجهزة تُنتج قوالب من الجليد في الليل بحجم 500 كالون في أقبية الأبنية. إن تصنيع الجليد في الليل أسهل من تصنيعه خلال النهار؛ لأنّ الحرارة في الهواء الطلق حيث يجب أن تُطلق الأجهزة الضاغطة للهواء الحرارة هي بصورة عامة أخفض ممّا هي عليه في وقت أبكر من النهار. ويستعمل الجليد الناتج لتبريد البناء خلال النهار. والنتيجة هي استعمال الطاقة المنتجة في الليل، مثل الطاقة المولّدة بطاقة الريح، لتعمل عندما تكون الحاجة إليها ضرورية خلال النهار.



مفاجآت من الداء البطني (CD)[*]

كشفت دراسة أجريت على أحد الأمراض المسَّببة بالطعام الذي قد يكون مميتا، عن عملية قد تسهم في كثير من الاضطرابات المناعية الذاتية.

<A. فاسانو>

مفاهيم مفتاحية

- **الداء البطني (CD) هو اضطراب مناعي ذاتي يطلقه تناول الكلوتين، وهو من البروتينات الرئيسية في القمح، أو ينتج من بروتينات ذات صلة به في الحبوب الأخرى.**
- **تشير الأبحاث التي أجريت لمعرفة جذور المشكلة إلى أن الاضطراب ينشأ عندما يكون لدى الشخص المعرض للكلوتين أيضا استعداد وراثي للإصابة بالداء CD، ويكون لديه جدار الأمعاء نفوذا بشكل غير معتاد.**
- **مما يثير الدهشة أن الثلاثية نفسها، والمكونة من: عامل بيئي مُطْلق، والاستعداد الوراثي، والأمعاء التي تسمح بالتسرب، هي التي تسبب الاضطرابات المناعية الذاتية الأخرى. وقد أدى هذا الاكتشاف إلى طرح احتمال أن تخفف المعالجات الحديثة للداء CD من وطأة الحالات الأخرى.**

محررو ساينتفيك أمريكان

يذهب ظنــي إلى أن أهم ثورة علمية في التاريخ تعود إلى عشــرة آلاف عام، وأنها كانت في الشرق الأوسط، عندما لاحظ الناس للمرة الأولى أن نباتات جديــدة تبزغ مــن البذور التي ســقطت من نباتات أخرى على الأرض، وهو الاكتشــاف الذي قاد إلى ولادة الزراعة. وقبل هذه الملاحظة، كان قوت العنصر البشري يتركز على الفواكه والجوز والدرنات، وفي بعـض الأحيان على اللحــوم. وكان على الناس أن يتنقلوا إلى الأماكن التــي يوجد فيها طعامهم، مما يجعلهــم تحت رحمة الحــوادث، ويحول بينهم وبين الاستيطان الطويل الأمد.

وما إن اكتشــف الإنســان ســر البذور حتى تعلّم بســرعة كيفية ترويض المحاصيل، ووصل في النهاية إلى تهجين نباتات عشــبية مختلفة للحصول علــى الحبوب الرئيســية مثــل القمــح والجاودار (الشيلم) والشعير والتي تتسم بأنها مغذية ومتعددة الاســتعمالات، ويمكن تخزينها بسهولة، وذات قيمة تجارية مرتفعة. وللمرة الأولى، أصبح بإمكان الناس هجر الحياة البدوية وبنــاء المدن. ولم يكن من قبيل المصادفــة أن تصبح المناطــق الزراعية الأولى «مهد الحضارات» أيضا.

وقد جاءت هذه التطورات مقابل ثمن باهظ: وهو ظهور الداء الذي يعرف الآن **بالداء البطني** (CD)[1]، والذي يحرض بتناول بروتين يوجد في القمح يدعى **الكلوتــين** gluten، أو تناول بروتينات مشابهة له في الجاودار أو الشــعير. لم يكــن الگلوتين والمركبات القريبــة منه موجودين في غذاء الإنســان من قبل. إلا أنــه ما إن أصبحت الحبــوب بمثابة الوقود لنمو المجتمعات المســتقرة، حتى بــدأت البروتينات بقتل الناس، ومعظمهم من الأطفال ممن تفاعلت أجسامهم تفاعلا شــاذا مع هذه البروتينات. أدى تكرار تناول هذه البروتينات إلى جعل الأشــخاص الذين يعانون الحساســية غير قادرين علــى امتصاص المغذيات في الطعام. ومن ثَمَّ، أخذ هؤلاء المصابون الضحايا يعانــون آلاما بطنية وإســهالا، وأخذت أجســامهم مظهر مَنْ يعاني المخمصة (الجوع الشديد)، فهزلت أجسامهم وتورمت بطونهم، وما لبث اختلال التغذية، إلى جانب طيف مــن المضاعفات الأخرى، أن جعل حياة هؤلاء الضحايا قصيرة نسبيا وبائسة.

ولــو أن تلك الوفيــات التي حدثــت قد لوحظت بانتباه في ذلك الوقت، لاعتبر ســببها أحد الأسرار الغامضة. أما خلال السنوات العشرين الماضية، فقد جمع العلماء ملاحظات متفرقة ليكوِّنوا فهما مفصَّلا للــداء CD. فهم يعرفون الآن أنــه أحد الاضطرابات المناعيــة الذاتية والــذي يهاجم فيه النظــام المناعي أنســجة الجسم ذاته. ويعرف العلماء أيضا أن نشأة الداء لا تنتج فقط من التعرض للگلوتين وما شابهه، بل إنه ينتج من اجتماع عدد من العوامل تضم: الجينات المؤهبة، وشذوذات في بنية الأمعاء الدقيقة.

والأكثــر مما ســبق، أن الــداء CD يقدم مثالا توضيحيــا عن الطريق الذي قد تــؤدي فيه الثلاثية المكوَّنة من العامل البيئــي المُطْلِق والجينات المؤهِبة وشذوذات الأمعاء دورا ما في كثير من الاضطرابات المناعية الذاتية. ومن هنا، تشير الأبحاث حول الداء CD إلى أنماط جديدة مــن المعالجة لا تقتصر على هذا الداء وحده، ولكنها تناسب حالات أخرى متنوعة من اضطــراب المناعة الذاتية، مثل الداء الســكري من النمط 1 والتصلــب المتعدد (التصلب اللويحي) والتهاب المفاصل الرثياني.

تبصرات مبكرة[**]

بعد تقــدم الزراعة، مرت آلاف الســنوات قبل توثيق حالات أطفال يبدو أنهم يتناولون طعاما جيدا ولكنهم يعانون نقــص التغذية. أدى ذلك إلى وضع اســم الداء CD في القرن الأول بعد الميلاد، عندما وضع <A. الكاپادوشــي> [وهو طبيب إغريقي] أول وصف علمــي لهذا الداء، وســماه **الــداء البطني**

(*) Surprises from Celiac Disease
(**) Early Insights
(١) celiac disease

koiliakos، عــن الكلمة الإغريقية *koelia* والتي تعني البطــن. وقد حاز الطبيــب البريطاني <S. جي> لقب «أبــي الداء البطني CD» المعاصـــر. ففي عام 1887، وصف <جي> الداء CD في محاضرة له بأنه نوع من اضطراب أو عسر الهضم يشاهد لدى أشخاص في جميــع الأعمار، ولكنه يميل إلــى إصابة الأطفال من السنة الأولى إلى الســنة الخامسة من العمر. حتى إنه حدَّس محقا: «قد يكون ســببه أخطاء في النظام الغذائي». وعلــى الرغم من ذكاء <جــي> الواضح، فــإن الطبيعة الحقيقية للداء أفلتت منه، كما يتبين من وصفاته الغذائية: فقد نصــح بإطعام هؤلاء الأطفال شرائح رقيقة من الخبز بعد تحميصها من وجهيها.

وقــد تم تعرف الگلوتين كســبب مُطْلِق للداء CD بعد الحرب العالمية الثانية، عندما لاحظ طبيب الأطفال الهولندي <K .W. ديك> أن نقص الخبز الذي ســببته الحرب في هولندا أدى إلى انخفاض مهم وملحوظ في معدل الوفيــات بين الأطفال المصابين بالداء CD، فقد هبط من ما يزيد على 35 في المئة إلى ما يقرب الصفر. وقد قَرَّر <ديك> أيضا أنه ما إن توافر القمح من جديد، بعد انقضاء النزاع، حتى عاد معدل الوفيات للارتفاع الســريع ليصــل إلى ما كان عليه من مســتويات من قبل. وتلا ملاحظة <ديك> أبحاث قام بها علماء آخرون حول المكونات المختلفة للقمح، واكتشــفوا أن البروتين الرئيسي في الحبوب، الگلوتين، هو المذنب.

وعــودةً إلى التأثيــرات البيولوجية للگلوتين، فقد وجــد الباحثــون أن التعرض المتكــرر للگلوتين لدى مرضى الداء CD يســبب التهابــا مزمنا وتدميرا في **الزغابــات** the villi، وهــي بنى إصبعية الشــكل في الأمعــاء الدقيقــة، مما يجعلها غير قــادرة على أداء وظيفتها السوية في تفكيك الطعام ونقل المغذيات عبر جدار الأمعاء إلى مجرى الدم (ليصل إلى جميع أنحاء الجسم). ومن حسن الحظ، أن هذا الداء إذا شُخِّص مبكرا بوقــت كاف، وحافظ المريض على نظام غذائي خالٍ من الگلوتين، فإن بنية الأمعاء الدقيقة تعود دائما تقريبا إلى حالتها الســوية، أو قريبا من ذلك، كما أن الأعراض الهضمية (المعدية المعوية) تختفي.

ويســبب الگلوتــين لدى المرضــى المؤهبين هذا الالتهــاب والتدميــر للأمعاء بإطــلاق فعالية خلايا مختلفة مــن النظــام المناعي. وهــذه الخلايا تقوم بدورها بإلحاق الأذى بالنسيج الذي يتمتع بالصحة فــي محاولتها تدميــر ما حســبته **عامــلا إنتانيا** infectious agent.

اكتشاف تشخيصي(*)

لا تزال التفاصيــل الكاملة للآليــات الكثيرة التي يؤثر بها الگلوتين في النشــاط المناعي قيد الدراسة، إلا أن أحد التبصرات أثبت بشــكل خاص أنها مفيدة في الممارسات السريرية (الإكلينيكية): فالاســتجابة المناعية الشاذة المميزة للگلوتين هي إنتاج جزيئات من الأضداد التي تستهدف أحــد الإنزيمــات الذي يدعــى **ناقــل أمين الگلوتــين النســيجي** (TTC)[1]. هذا الإنزيم يتســرب من الخلايا التي عانت التدمير في المناطــق الملتهبة من الأمعاء الدقيقة، ويحاول المساعدة على شفاء النسيج المحيط.

وقــد أضاف اكتشــاف أن هذه الأضــداد كثيرة الانتشــار في الــداء CD أداة جديدة إلى تشــخيص هذا المرض، كما ســمح ذلك للفريــق الذي أعمل معه، ولباحثــين آخريــن، بتقويم معدل وقوع الــداء بطريقة جديدة، وذلك بإجراء مسح على الناس بحثا عن وجود هــذا الضد في دمائهم. وقبل ذلك، لم يكن لدى الأطباء سوى اختبارات غير نوعية، وكانت الطريقة الموثوق بها لتشــخيص الداء CD هي اســتعراض الأعراض التي يشكو منها المريض، والتأكد من وجود التهاب الأمعاء بأخذ خزعة منها، وتقويم مــا إذا كان النظام الغذائي الخالي من الگلوتين ســيخلّص المريض من الأعراض. (إن تحري أضداد الگلوتين قد لا يكون حاســما؛ لأنها قد توجد أيضا لدى أناس لا يعانون الداء CD).

خلال ســنوات طويلة، اعتُبِر الداء CD داء نادرا خــارج أوروبا. ففي أمريكا الشــمالية، على ســبيل المثــال، تم تعرف الأعراض الكلاســيكية لدى ما يقل عن واحد لكل عشــرة آلاف شخص. وفي عام 2003 نشرنا نتائج دراستنا، وهي أكبر دراسة أجريت حتى الآن على المصابين بالداء CD في أمريكا الشــمالية، وقد شملت أكثر من 13 000 شخص. ومما يدعو إلى العجب أننا وجدنا شخصا واحدا مصابا بالداء CD من بين كل 133 شخصا ممن يبدون صحيحي الجسم ظاهريــا، وهذا يعني أن الداء CD أكثر شــيوعا مما كان يُظَــن من قبل بمقدار 100 مرة. وقد أكدت أعمال باحثين آخرين مستويات مشابهة في كثير من البلدان في جميع القارات دون استثناء.

كيــف أمكن لـ 99 في المئة من الحالات أن تفلت من الكشف حتى اليوم؟ إن العلامات الكلاسيكية الظاهرية ـ وهي عســر الهضم والإسهال المزمن ـ لا تظهر إلا لدى إصابة قســم كبير وبالغ الأهمية من الأمعاء بالتدمير. أما إذا كان قســم صغير من الأمعاء يعاني سوء أداء وظيفتــه، أو كان الالتهــاب خفيفــا إلى حــد ما، فإن الأعراض قد تكون أقل شدة أو غير نموذجية.

وقد أصبح من الواضح في الوقت الحاضر أن الداء CD يتظاهر أحيانا بطيف من الأعراض التي لم تحظ من قبــل بالتقدير، والتي يحركها اضطــراب موضعي في

(*) A Diagnostic Discovery
(1) tissue transglutaminase



يحرض الطعام الذي يحتوي على القمح أو الجاودار أو الشعير تفاعلا مناعيا ذاتيا (موجَّها نحو نسج البدن نفسه) لدى الأشخاص المصابين بالداء CD. وهذه الاستجابة تلحق الأذى ببطانة الأمعاء، وتقلل من امتصاص الجسم للمغذيات. كما أن التعرض المزمن لهذه الأطعمة قد يؤدي إلى حدوث السرطان، إضافة إلى تأثيرات مرضية أخرى لدى هؤلاء الأشخاص.

وجدنا أن الداء CD أكثر شيوعا بمئة مرة مما كان يُظَن سابقا.

امتصاص المغذيات من الأمعاء. فاضطراب امتصاص الحديد، على سبيل المثال، قد يسبب فقر الدم، كما أن سوء قنص الفولات قد يسبب مشكلات عصبية متنوعة. وهكذا، يمكن للداء CD، ومن خلال إضاعة بعض المواد المغذية الخاصة من البدن، أن يؤدي إلى بعض الأعراض، مثل: تخلخل العظام والآلام المفصلية والتعب المزمن وقصر القامة وآفات جلدية والصرع والعته والفصام والاختلاجات.

ولما كان الداء CD يتظاهر أحيانا بأنماط غير نموذجية، فإن العديد من الحالات تبقى غير مشخصة. والقدرة، التي ظهرت حديثا، في تعرف الداء في جميع أشكاله، في مرحلة مبكرة، تسمح باستبعاد الگلوتين من النظام الغذائي قبل تطور المزيد من المضاعفات الخطيرة.

من الگلوتين إلى خلل الوظيفة المناعية(*)

يقدم الداء CD نموذجا قيما جدا لفهم الاضطرابات المناعية الذاتية؛ لأنه المثال الوحيد الذي يمكن فيه لإضافة أو لاستبعاد أحد المكونات البيئية البسيطة، وهو هنا الگلوتين، أن يفعِّل العملية المرضية أو أن يوقفها. (فعلى الرغم من أن العوامل البيئية متهمة بأنها تؤدي دورا في الأمراض المناعية الذاتية الأخرى، فإنه لم يتم تحديد أي منها بشكل مؤكد).

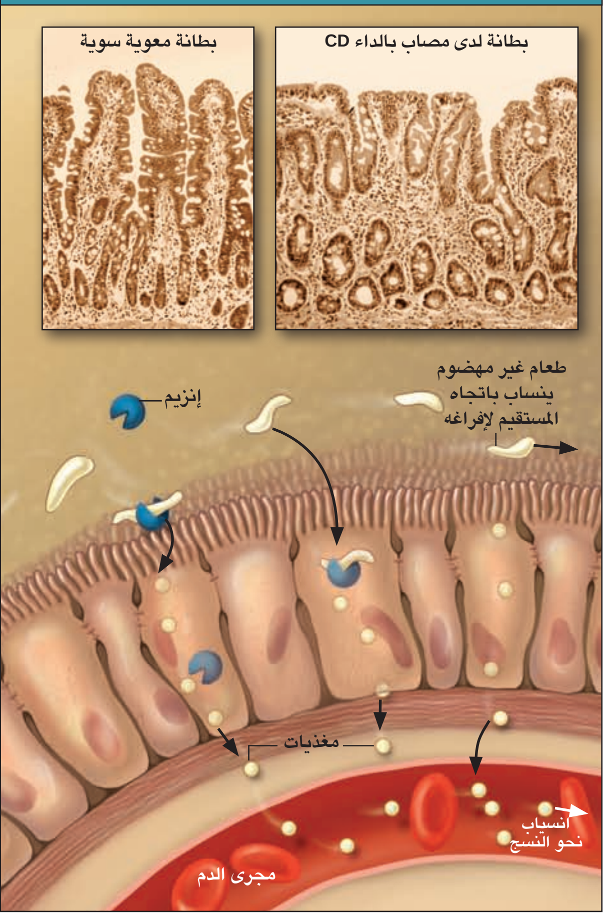
ولمعرفة كيف يمكن للگلوتين أن يؤثر تأثيرا مدمرا لدى بعض الأشخاص، يمكنك التفكير في كيفية استجابة الجسم له لدى معظم الناس. فلدى غير المصابين بالداء CD، لا يتفاعل الجسم معه. إذ لا يسارع النظام المناعي إلى العمل إلا عندما يكتشف كميات مهمة من البروتينات الغريبة في الجسم، فيتفاعل بشكل هجومي عنيف؛ لأن وجود الغرباء قد يعطي الإشارة بوجود كائنات مجهرية مسببة للأمراض مثل البكتيريا والڤيروسات.

إحدى الطرق المهمة التي نواجه من خلالها البروتينات الغريبة وغيرها من المواد هي الأكل، ويتمركز جنود المناعة تحت **الخلايا الظهارية** epithelial cells التي تبطن الأمعاء (وتسمى الخلايا المعوية)، وتكون جاهزة للوثب ولاستدعاء التعزيزات. وأحد أسباب عدم استفزاز البروتينات الغازية (التي تدخل أجسامنا ثلاث مرات يوميا) للنظام المناعي لدينا بشكل نموذجي هو أنه قبل أن تواجه دفاعاتنا أي شيء قد يسبب إزعاجا لها، فإن جهاز الهضم لدينا يفكك عادةً معظم البروتينات المتناولة لتصبح حموضا أمينية معيارية، وهي لبنات البناء التي تُبنى منها جميع البروتينات.

وللگلوتين بنية خاصة: فهو غني بدرجة تفوق المعتاد بالحمضين الأمينيين: **الگلوتامين** glutamine

[أساسيات]

الهضم السوي(**)



والپرولين proline. وهذه الخاصية تجعل قسما من جزيء الگلوتين منيعا على آلة تقطيع البروتينات في أجسامنا، مما يترك الشُدَف (القطع) البروتينية الصغيرة، والتي يطلق عليها اسم **الپپتيدات** peptides سليمة البنيان. وعلى الرغم من ذلك، فإن معظم هذه الپپتيدات تبقى (لدى الإنسان الصحيح البدن) ضمن الأنبوب الهضمي (المعدي المعوي) ثم ما تلبث أن تفرغ ببساطة حتى قبل أن يلاحظها النظام المناعي. وأي كمية من الگلوتين تتسلل عبر البطانة الهضمية ستكون على درجة من الضآلة لا تستطيع معها إثارة استجابة ذات أهمية للنظام المناعي السوي.

من ناحية أخرى، ورث مرضى الداء CD مزيجا من الجينات التي تسهم في رفع مستوى الحساسية تجاه الگلوتين. على سبيل المثال، ومن ضروب الجينات التي تؤدي دورا مهما، الجينات التي تكود البروتينات والتي تُعرف على أنها **مستضدات الكريات البيضاء للتوافق النسيجي** (HLAs)(1).

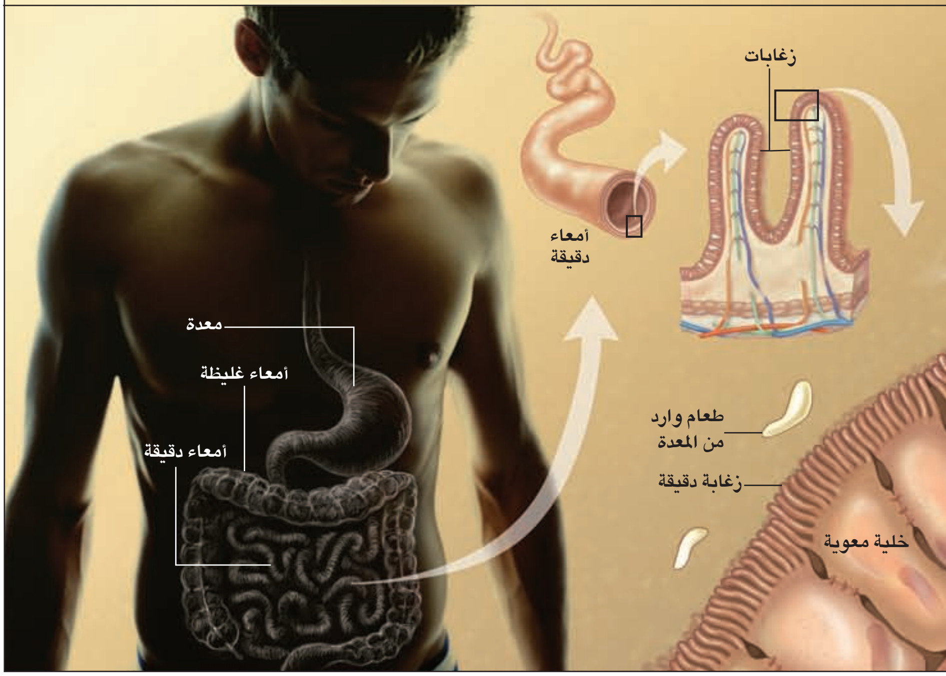
و95% من مرضى الداء CD يكون لديهم الجينة الخاصة إما بـ HLA-DQ2 أو بـ HLA-DQ8، فيما

(*) From Gluten to Immune Dysfunction
(**) Normal Digestion
(1) histocompatibility leukocyte antigens

حقائق سريعة

- إن 1% من سكان العالم تقريبا مصابون بالداء CD، إلا أن معظمهم لايعرفون ذلك.
- إن أكثر من مليوني شخص مصابون بالداء CD في الولايات المتحدة الأمريكية.
- من الأعراض الشائعة للداء CD لدى الرضع والأطفال: الآلام البطنية والانتفاخ والإمساك والإسهال وفقدان الوزن والإقياء.
- لا يشكو قرابة نصف البالغين المصابين بالداء CD من الإسهال وقت تشخيص الداء لديهم.
- من العلامات الأخرى التي قد تحدث لدى البالغين: فقر الدم والتهاب المفاصل وضعف العظام والاكتئاب والتعب والعقم وآلام مفصلية واختلاجات و تنميل في القدمين واليدين.

في جهاز الهضم السوي، يدخل الطعام الذي خضع لمعالجة جزئية في المعدة إلى الأمعاء الدقيقة، والتي تبطنها استطالات شبيهة بالأصابع تدعى الزغابات the villi (*الأسفل واليسار*). وتعمل الإنزيمات التي يفرزها البنكرياس والإنزيمات الموجودة على سطح زغابات الخلايا الظهارية (الخلايا المعوية) على تفكيك معظم الطعام إلى مكوناته الأولية، مثل الگلوكوز والحموض الأمينية (*الأسفل والأيمن*). وعند ذلك، تعبُر هذه المغذيات إلى مجرى الدم لتقدِّم الوقود للنسج في جميع أرجاء الجسم. ويعمل الداء CD على إحداث الخلل في امتصاص المغذيات بتدمير الخلاية المعوية، وجعل الزغابات مسطحة، مما ينقص من مساحة السطح المتوافر للتفاعل مع الطعام (الصورة المجهرية).



لا تزيد نسبة مَنْ لديهم واحدةٌ من هاتين الجينتين مِنْ مجمل السكان على 30 إلى 40 في المئة. وتشير هذه النتائج، إلى جانب مؤشرات أخرى غيرها، إلى أن الجينتين HLA-DQ2 أو HLA-DQ8 ليستا الوحيدتين اللتين تسببان فرط الفعالية المناعية، إلا أن الداء CD، مع ذلك، من المستحيل تقريبا أن يترسخ من دون واحدة منهما. وقد أصبح سبب كون هاتين الجينتين من الجينات الرئيسية واضحا من دراسات وظائف البروتينات التي تخصصانها.

إن بروتينَيْ HLA-DQ2 و HLA-DQ8 يُصنعان من قبل **الخلايا العارضة للمستضد** antigen-presenting cells. هذه المخافر المناعية تلتهم الكائنات والبروتينات الغريبة وتقطعها، وترتب بعض قطع البروتينات المختارة ضمن ميزابة على جزيئات المستضدات HLA، وتعرض المعقدات الناتجة على سطح الخلية لتتعقبها **الخلايا المناعية** immune system cells التي تدعى اللمفاويات التائية المساعدة. والخلايا التائية، التي تستطيع تعرّف المعقدات المعروضة والارتباط بها، تقوم باستدعاء التعزيزات.

لدى مرضى الداء CD، يرتبط الإنزيم TTC، الذي ينطلق من خلية ظهارية معوية، بالگلوتين غير المهضوم، ويحوِّر الپپتيدات بطريقة تمكنها من الارتباط بقوة فائقة ببروتينات DQ8 وDQ2. ومن ثم، عندما تلتقط الخلايا العارضة للمستضد الموجودة تحت الخلايا الظهارية المعوية معقدات الگلوتين والإنزيم TTC، فإن تلك الخلايا تضم الگلوتين إلى المستضدات HLA، وتحررها عند سطح الخلية، حيث تعمل على تفعيل الخلايا التائية، محرضة لها على إطلاق **السيتوكينات** cytokines **والكيموكينات** chemokines (وهي مواد كيميائية تزيد من إثارة الفعالية المناعية). وكان من الممكن أن يكون لهذه المواد الكيميائية ولتعزيز الدفاعات المناعية قيمة كبيرة فيما لو كانت لمواجهة هجمة جرثومية (ميكروبية)، إلا أنها في هذه الحالة تسيء إلى الخلايا المعوية المسؤولة عن امتصاص المغذيات وتلحق الضرر بها.

ويميل مرضى الداء CD أيضا إلى امتلاك عوامل وراثية مؤهبة أخرى، مثل الاستعداد للإنتاج الزائد من **المنبه المناعي الإنترلوكين** 15 (IL-15)، وإلى إيواء خلايا مناعية مفرطة الفعالية تستنهض النظام المناعي للهجوم على الأمعاء استجابة للگلوتين.

أخذ الصالح بالمسيء(*)

ماهو الدور الذي يمكن لأضداد الإنزيم TTC أن تؤديه في هذه الاستجابة المرضية للگلوتين؟ الجواب لا يزال غير مكتمل، إلا أن لدى العلماء بعض الأفكار حول ما قد يمكن أن يحدث. فعندما تطلق الخلايا الظهارية الإنزيم TTC، فإن الخلايا البائية التابعة للنظام المناعي تبتلع ذلك الإنزيم، وحده أو ضمن معقد يتضمن الگلوتين. وعندها تطلق تلك الخلايا الأضداد التي تستهدف الإنزيم. فإذا كانت الأضداد ثاوية في موقع الإنزيم TTC أو قريبة من خلية معوية ظهارية؛ فإن تلك الأضداد قد تدمر الخلايا مباشرة، أو تحرض عمليات تدمير أخرى. ولا يعرف أحد بعد فيما إذا كانت الأضداد تسبب (في الحقيقة) مثل هذا الضرر.

وخلال السنوات التسع الماضية، تعلمت مع زملائي أن نفوذية الأمعاء غير المعتادة قد تسهم على مايبدو في الداء CD وفي غيره من الأمراض المناعية الذاتية. وفي الحقيقة، تشير بيِّنات متزايدة إلى أن الثلاثية ذاتها من العوامل المفترضة، تدعم معظم وربما جميع الأمراض المناعية الذاتية، والثلاثية هي: مادة بيئية يتم عرضها على الجسم، واستعداد وراثي لدى النظام المناعي للتفاعل المفرط تجاه تلك المادة، وأمعاء ذات نفوذية غير معتادة.

المؤلف



Alessio Fasano

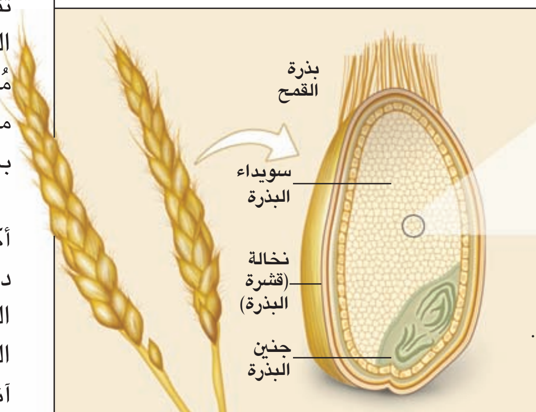
أستاذ طب الأطفال والطب والفسيولوجيا، ومدير مركز الأبحاث حول بيولوجيا الطبقة المخاطية ومركز الأبحاث حول الداء CD في كلية الطب بجامعة مريلاند. ويركِّز الكثير من أبحاثه الأساسية والسريرية على دور نفوذية الأمعاء في تطور الداء CD وغيره من الاضطرابات المناعية الذاتية.

(*) Guilt by Association

[رؤية إضافية]

الثلاثية المسببة(*)

ثمة ثلاثة أسباب تشكل الأساس للداء CD: عامل مُطْلِق بيئي، والاستعداد الوراثي، ووفقا لما أوضحته أبحاث المؤلف، أمعاء ذات نفوذية غير معتادة (الأسفل). ويظن المؤلف أن عناصر الثلاثية الأساسية نفسها تسهم في إحداث الأمراض المناعية الذاتية، وذلك على الرغم من أن كل اضطراب منها له عوامل مُطْلِقة ومكونات وراثية خاصة به.

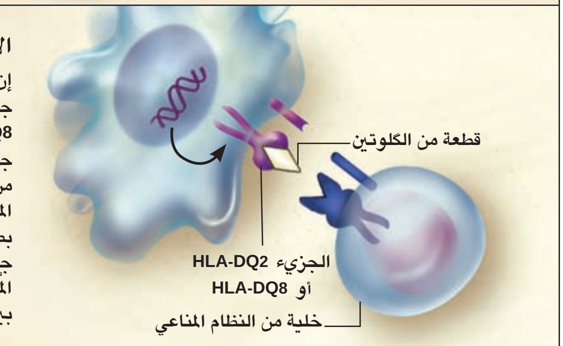


العامل المُطْلِق

إن البروتين گلوتين الذي يكثر في سويداء بذرة القمح يطلق الاستجابة المناعية الشاذة. ويشاركه في ذلك پروتينان مشابهان في الشعير والجادوار (الهوردين والسيكالين).

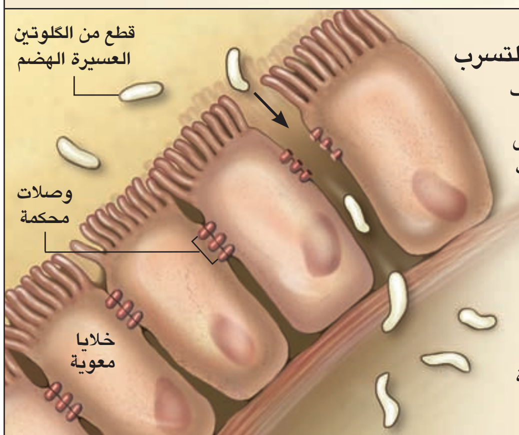
الاستعداد الوراثي

إن جميع المرضى تقريبا لديهم جينة للپروتينين HLA-DQ2 أو HLA- DQ8، أولكليهما. وتعْرِض جزيئات مستضدات HLA قطَعا من الگلوتين على خلايا النظام المناعي التي توجه هجومها صوب بطانة الأمعاء. ويغلب أن تسهم جينات أخرى في ذلك، ولكن هذين المُتَّهَمَيْن الإضافِيَيْن قد يختلفان بين شخص وآخر.



الأمعاء الدقيقة التي تسمح بالتسرب

في معظم الأشخاص توجد روابط تُعرف بالوَصْلات المُحْكَمَة تعمل على لصق الخلايا المعوية بعضها ببعض. أما لدى المصابين بالداء CD، فإن هذه الوصلات تتباعد وتسمح لكمية كبيرة من قطع الگلوتين غير المهضوم بالتسلل إلى النسج الواقعة تحتها لتستفز خلايا النظام المناعي. إن المعالجة التي تنقص من التسرب يمكنها أن تخفف من وطأة الداء CD، كما أنها قد تخفف من وطأة الاضطرابات المناعية الذاتية الأخرى، والتي تتضمن الأمعاء النَّفوذة بشكل غير طبيعي.



اكتشاف التسرب(**)

إن من الإنصاف أن نقول إن النظرية التي تقول بمساهمة الأمعاء التي تعاني التسرب في الداء CD وفي المناعة الذاتية بشكل عام قد لاقت ترحيبا مبدئيا مشوبا بكثير من الشك؛ ويعود ذلك جزئيا إلى طريقة تفكير العلماء في الأمعاء. فعندما كنت طالبا أدرس الطب في السبعينات من القرن الماضي، كانت الأمعاء الدقيقة توصف بأنها أنبوب يتألف من طبقة وحيدة من الخلايا المترابطة مع بعضها والتي تشبه قطع القرميد المتراصة يجمع بينها ملاط غير نفوذ يُدعى **بالوَصْلات المُحْكَمَة** tight junctions، يقع بين تلك الخلايا. وكان يعتقد أن الوَصْلات المُحْكَمَة تقصي جميع المواد، باستثناء أصغرها حجما، بعيدا عن مكونات النظام المناعي والتي تتمركز في النسج التي تبطن الأمعاء. لم يقدم هذا النموذج البسيط، والذي يعتبر الوَصْلات المُحْكَمَة مُرَشِّحات عاطلة وغير نفوذة، مصدرا ملهما لدى مجموعات الباحثين لدراسة بنيتها، وقد كنت من بين أولئك الذين لم يتحمسوا لذلك.

وقد كان الانعطاف في مجرى الأقدار، وإحدى أكثر اللحظات إحباطا في مسيرتي المهنية هو الذي دفعني إلى دراسة الوَصْلات المُحْكَمَة. ففي نهاية الثمانينات من القرن الماضي كنت أعمل على أحد اللقاحات المضادة للكوليرا، وكان الاعتقاد السائد آنذاك أن ذيفان الكوليرا هو السبب الرئيسي لحدوث الإسهال الشديد الذي يميز الكوليرا. ولاختبار هذه الفرضية، قام الفريق الذي أعمل معه بحذف الجينة التي تكود ذيفان الكوليرا من بكتيريا ***ضمة الكوليرا*** *vibrio cholerae*. ووفقا للحكمة التقليدية، ستصنع البكتيريا المنزوعة السلاح بهذه الطريقة لقاحا مثاليا؛ لأن بقية البروتينات الموجودة على الخلايا البكتيرية الحية ستسبب استجابة مناعة قوية تحمي من حدوث الإسهال.

إلا أننا، عندما أعطينا البكتيريا الموهنة التي حصلنا عليها إلى المتطوعين، سبَّب اللقاح لديهم قدرا من الإسهال كان كافيا لإيقاف استعماله؛ فانتابني الإحباط الكامل. إذ ضاعت سنوات من العمل الشاق هدرا، وكان علينا مواجهة احتمالين غير جذابين: إما الاستسلام والتحول إلى مشروع آخر للأبحاث، أو المواظبة على محاولة فهم سبب الإخفاق. وقد دفعنا الحدس، بأن للاختيار الثاني أبعادا أخرى، إلى الأخذ به وقد قادنا هذا القرار إلى اكتشاف ذيفان جديد يسبب الإسهال بآلية لم توصف من قبل. فهو يغير قابلية نفوذ الأمعاء الدقيقة بخلخلة هذه الوَصْلات المُحْكَمَة التي كان يفترض أنها عاطلة، الأمر الذي يسمح للسوائل بالتسرب من النسج للأمعاء. هذا الملاط كان أمرا مثيرا للاهتمام على كل حال.

وفي الحقيقة، وفي الفترة نفسها تقريبا، أوضحت سلسلة من الاكتشافات الإبداعية أن شبكة معقدة من البروتينات هي التي تشكل الوَصْلات المُحْكَمَة؛ إلا أن المعلومات المتاحة حول كيفية التحكم في هذه البنية كانت ضئيلة. ومن هنا، قدم اكتشافنا للذيفان

(*) A Trio of Causes
(**) Finding the Leak

الذي أطلقنا عليه اسم **ذيفان النُّطَيْقة الغالقة** (Zot)[1] (والتي تعني باللاتينية الوَصْلَة المُحْكَمَة) أداة قيمة لتوضيح عملية التحكم، حيث اتضح أن جزيئا واحدا هو الجزيء Zot يمكنه أن يجعل البنية المعقدة للوصلات المحكمة أكثر تخلخلا. كما اتضح لنا أن نظام التحكم الذي جعل هذا التخلخل ممكنا هو نظام معقد للغاية، لدرجة أن بإمكانه أن يسهم وببساطة في إلحاق الأذى البيولوجي بالمضيف. وهكذا، فإنه لابد أن تسبب بكتيريا ضمة الكوليرا الإسهال باستغلال سبيل موجود سابقا لدى المضيف يعمل على تنظيم نفوذية الأمعاء.

وبعد خمس سنوات من صياغة هذه الفرضية اكتشفنا **الزنيولين** zenulin، وهو پروتين يزيد نفوذية الأمعاء لدى البشر والحيوانات العليا الأخرى وبالآلية نفسها التي يؤثر بها الذيفان Zot في البكتيريا. ولم يتضح بعد كيف يمكن للجسم أن يستغل الپروتين زنيولين لمنفعته. ومع ذلك، فإن الغالب أن هذا الجزيء الذي يفرزه النسيج الظهاري المعوي وخلايا الأعضاء الأخرى (فللوَصْلات المُحْكَمة دور مهم في النسج في جميع أرجاء البدن)، يؤدي وظائف متعددة، تشمل تنظيم تحرك السوائل والجزيئات الضخمة والخلايا المناعية بين حجيرات الجسم.

وقد حفَّزنا اكتشاف الپروتين زنيولين إلى البحث في الأدبيات الطبية المنشورة عن اضطرابات لدى البشر تتسم بزيادة نفوذية الأمعاء. عندها علمنا، ولأول مرة، وكان مما أثار دهشتي أن الكثير من الأمراض المناعية الذاتية، ومنها الداء CD والسكري من النمط 1 والتصلب العديد والتهاب المفاصل الرثياني وأمراض الأمعاء الالتهابية، تشترك جميعها في سمة واحدة مهيمنة وهي نفوذية غير سوية للأمعاء. وفي العديد من هذه الأمراض، تنتج زيادة النفوذية بسبب وجود مستويات مرتفعة إلى حد غير سوي من الپروتين زنيولين، وقد أصبح من الواضح في الوقت الحاضر أن الگلوتين في الداء CD يحرض الإفراز المبالغ فيه من الپروتين زنيولين، (وقد يعود ذلك إلى الهيئة الوراثية للمريض).

وقد قادنا هذا الاكتشاف إلى افتراض أن النفوذية المعوية المعززة لدى المصابين بالداء CD هي التي تسمح للگلوتين، وهو هنا العامل البيئي، بالتسرب إلى خارج الأمعاء والتفاعل بحرية مع عناصر محسَّسة وراثيا في النظام المناعي. ويشير هذا الفهم بدوره إلى أن التخلص من أي عامل من ثلاثية العوامل المسببة للمناعة الذاتية ـ وهي العامل البيئي المُطْلِق أو التفاعل المناعي العالي السوية أو نفوذية الأمعاء ـ سيكون كافيا لإيقاف العملية المرضية.

[لُغز]

حل لغز البدء المتأخر[*]

يولد المصابون بالداء CD ولديهم استعداد وراثي للإصابة به. ولكن، لماذا لا تظهر على بعض الأفراد أية بينات تدل على الداء حتى وقت متأخر من الحياة؟ كنت أقول إن من المحتمل أن تكون العملية المرضية قد حدثت في باكورة الحياة، ولكن لدرجة خفيفة لا تسبب الأعراض. أما الآن، فيبدو أن جوابا آخر، يتعلق بالبكتيريا التي تعيش في السبيل الهضمي، قد يكون أكثر جدوى.

فهذه الميكروبات والتي يُعرف مجموعها بالثاويات الدقيقة **microbiome قد تختلف من شخص لآخر، ومن مجموعة سكانية لأخرى، وقد تختلف لدى الشخص نفسه مع تقدم مراحل العمر. ومن الواضح أن لها تأثيرا في تحديد أي جينات المضيف ستكون فعالة في وقت ما. ومن هنا، فإن الشخص الذي ينجح النظام المناعي لديه في تحمل الگلوتين على مدى سنوات عديدة، قد يخسر فجأة التحمل إذا ما تغيرت الثاويات الدقيقة لديه بطريقة تؤدي فيها إلى تفعيل جينة كانت هاجعة من قبل. فإذا كانت هذه الفكرة صائبة، فقد يكون الداء CD من الأمراض التي يمكن توقيها أو معالجتها يوما ما، وذلك بتناول ميكروبات مساعدة منتقاة أو بالميكروبات المتعايشة** بالتكافل **probiotics.**

لماذا يصعب استبدال القمح[**]

يعد الگلوتين السبب الرئيسي الذي يجعل المنتجات المخبوزة المصنوعة من القمح خفيفة الوزن ومهواة. فأثناء الخبز تحتجز طبقات الگلوتين الماء وغاز ثنائي أكسيد الكربون (الذي ينتج من الخمائر ومن العوامل الأخرى المسببة للتخمر)؛ فيتمدد. ولصناعة مخبوزات خالية من الگلوتين يضم الخبازون أنواعا متعددة من الدقيق (إلى جانب أنواع من النشا والمضافات)؛ وذلك لعدم وجود نوع واحد يشبه خصائص دقيق القمح، وهذا مايزيد من تكاليف المنتج النهائي. ويفسر أيضا سبب صعوبة مجاراة الأطعمة الخالية من الگلوتين لنظائرها التي تحتوي على الگلوتين من حيث البنية والطعم.



معالجات للإطاحة بالثلاثية[***]

وكما سبق أن ذكرت من قبل، وكما تنبأت النظرية، فإن إزالة الگلوتين من الطعام ستؤدي إلى التئام الأذى الذي لحق بالأمعاء. إلا أن مما يؤسف له أن الالتزام بنظام غذائي حازم خالٍ من الگلوتين طيلة الحياة ليس بالأمر الهيِّن. فالگلوتين من المكونات الشائعة في النظام الغذائي للإنسان، ولا يعلن عنه في الملصقات التي توضح مكونات الطعام في الكثير من البلدان. ومما يفاقم من صعوبة الالتزام بالنظام الغذائي الخالي من الگلوتين أن المنتجات الخالية من الگلوتين لا تتوافر على نطاق واسع، وهي أغلى ثمنا من نظائرها التي تتضمن الگلوتين. وإضافة إلى ذلك، فإن الالتزام الصارم لمدة سنوات بأي نظام غذائي واحد لأسباب طبية يعد تحديا مضنيا. ولهذه الأسباب، فإن المعالجة بالنظام الغذائي هي حل ناقص.

ونتيجة لما سبق، فقد أُخذَتْ بالاعتبار استراتيجيات علاجية بديلة متعددة يمكنها التخلص من عنصر واحد على الأقل من هذه العملية الثلاثية الخطوات. وقد ابتكرت شركة ألڤاين Alvine للمستحضرات الصيدلانية في سان كارلوس بكاليفورنيا علاجات إنزيمية پروتينية فموية يمكنها تفكيك پپتيدات الگلوتين تفككا كاملا، وهي پپتيدات مقاومة للهضم في الحالة العادية، ولهذه الشركة دواء في مرحلة التجارب السريرية. ويبحث باحثون آخرون في طرق تثبيط الإنزيم TTC، بحيث لا تُحوَّر شدف (قِطَع) الگلوتين غير المهضومة تحويرا كيميائيا إلى شكل يجعلها ترتبط ارتباطا فعالا بالپروتينَيْن HLA-DQ8 و HLA-DQ2 .

حتى الآن، لم يستطع أحد ابتكار طرق مأمونة وأخلاقية لتحوير الجينات التي تجعل الناس أكثر استعدادا للإصابة بالمرض. إلا أن الباحثين

(*) A Clue to Delayed Onset
(**) Why Replacing Wheat Is Hard
(***) Therapies to Topple the Trinity
(1) Zonula occludens toxin

لاقت النظرية التي تقول بمساهمة الأمعاء التي تعاني التسرب في الداء CD وفي المناعة الذاتية بشكل عام ترحيبا مبدئيا مشوبا بالشك.

مشغولون في تطوير علاجات قد تثبط بعض العوامل المضبوطة جينيا، والتي تسهم في فرط حساسية النظام المناعي. وعلى سبيل المثال، فإن الشركة الأسترالية نكس پپ nexpep تعمل على إعداد لقاح يعرِّض النظام المناعي لكميات ضئيلة من أشكال قوية الاستمناع (توليد المناعة) من الگلوتين، وذلك استنادا إلى النظرية التي تقول إن التعرضات المتكررة لكميات ضئيلة قد توصل إلى تحريض النظام المناعي على تحمل الگلوتين.

مع الاستمرار بالانشغال بفكرة إحصار الخلل في الحاجز المعوي، قمت بالمشاركة في تأسيس شركة ألبا Alba للمستحضرات العلاجية، لاستقصاء قيمة أحد مثبطات الزنيولين الذي يُدعى لارازوتيد Larazotide. (وأنا أعمل الآن مستشارا علميا لشركة ألبا، وأملك حق التصرف بأسهم من الشركة، إلا أنني لم أعد أسهم في اتخاذ القرارات الخاصة بالشركة). وقد أجريت اختبارات على المثبط لارازوتيد في دراستين على البشر لتفحص السلامة والتحمل وعلامات الفعالية لدى المصابين بالداء CD الذين تناولوا الگلوتين. لقد كانتا دراستين ذواتي معايير ذهبية، فهما دراستان معشاتان، ذواتا شواهد **وغُفْل** placebo، فلم يعرف فيهما أيٌّ من القائمين على إعطاء الدواء ولا المرضى ممنْ تلقوا المعالجة أو تلقوا المادة الغُفْل حتى استكمال الدراسة.

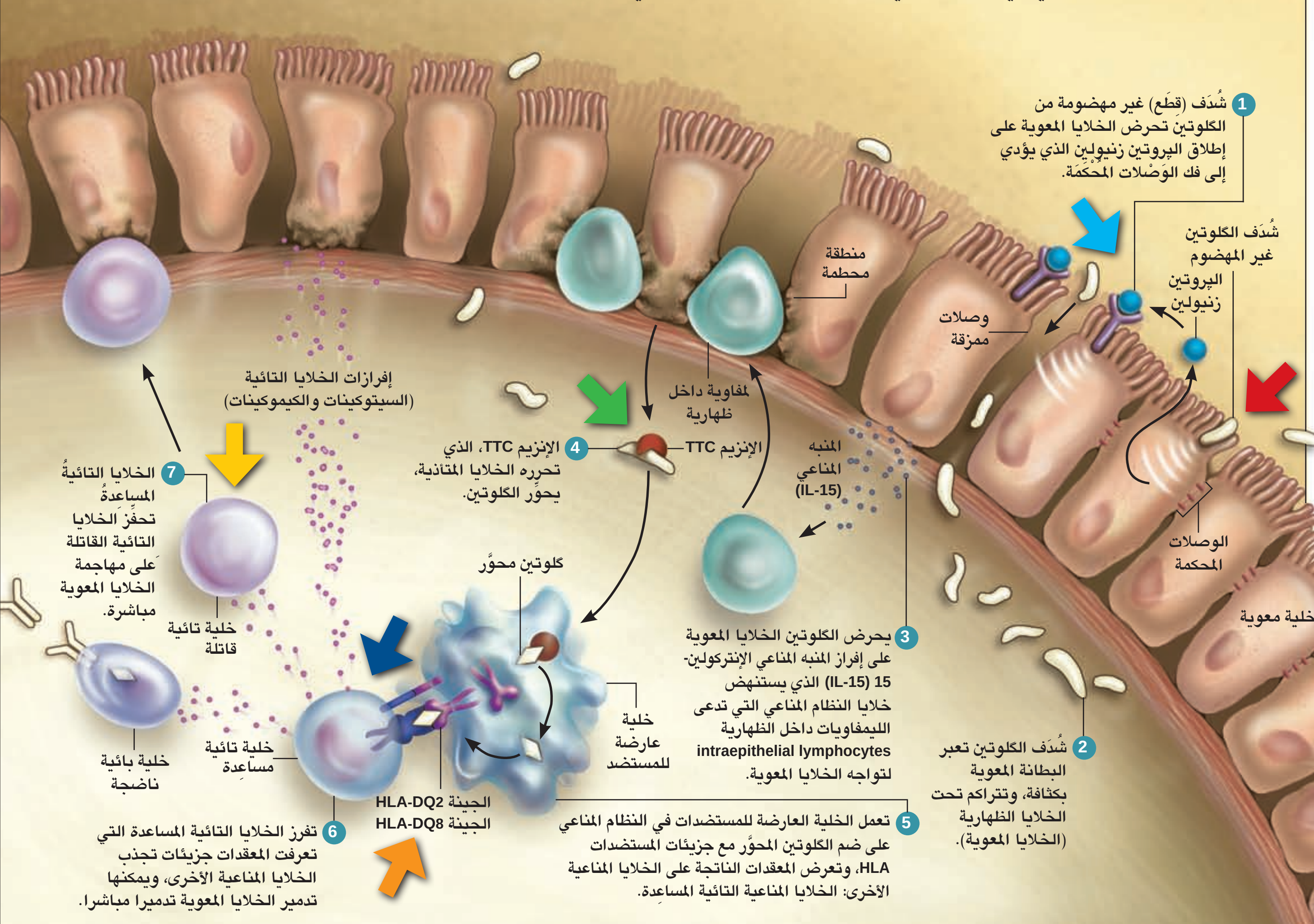
أظهرت الدراستان معا عدم وجود زيادة في

(*) THE INSIDE STORY

[آليات المرض]

القصة من الداخل(*)

لا يعرف الباحثون التفاصيل الكاملة لكيفية إيقاع النظام المناعي الضرر ببطانة الأمعاء لدى المصابين بالداء CD، ولكنهم تعرفوا عددا من العمليات المحتملة *(الأسفل)*. وتشير السهام الملونة إلى الأحداث التي قد يتم إحصارها بالتدخلات التي هي قيد البحث في الوقت الحاضر *(انظر الجدول في الصفحة المقابلة)*.



التأثيرات الجانبية لدى المرضى الذين عولجوا بالمثبط لارازوتيد عما لدى الذين تناولوا الغفل. والأمر الأكثر أهمية أن الدراسة الأولى، الأصغر حجما، قد أظهرت أن الدواء ينقص كلا من خلل وظيفة الحاجز المعوي المحرض بالگلوتين، وإنتاج الجزيئات الالتهابية، والأعراض الهضمية لدى المصابين بالداء CD. فيما أظهرت الدراسة الثانية، الأكبر حجما، والتي عرضت في مؤتمر عقد في الشهر 2009/4، أن المصابين بالداء CD الذين تلقوا الغفل قد أنتجوا أضدادا مضادة للإنزيم TTC، وبالمقابل، فإن المصابين الذين عولجوا بالدواء لم ينتجوا تلك الأضداد. وعلى مدى ما أعرف، تعتبر هذه النتيجة المرة الأولى التي يوقِف فيها دواء ما العمليةَ المناعية الذاتيةَ، ويتدخل تدخلا نوعيا بالاستجابة المناعية تجاه جزيء خاص صنعه الجسم. أما الأدوية الأخرى التي تكبت الفعالية المناعية؛ فإنها تعمل بطريقة أقل نوعية. ومؤخرا، تلقت شركة ألبا موافقة من إدارة الدواء والغذاء الأمريكية على توسيع نطاق الدراسة حول المثبط لارازوتيد ليشمل اضطرابات مناعية أخرى منها الداء السكري من النمط 1 والداء كرون crohn's disease.

إن هذه الآفاق الجديدة للمعالجة لا تعني أن المصابين بالداء CD يمكنهم الإفلات من قيود النظام الغذائية في وقت قريب. إلا أن من الممكن استخدام النظام الغذائي بطريقة جديدة. وتحت قيادة <C. كاتاسي> بدأ فريقي في جامعة مريلاند، دراسة طبية طويلة الأمد لاختبار فيما إذا كان بالإمكان تأخير ظهور أعراض الداء CD لدى الأطفال العالي الخطورة إذا ما تأخروا عن تناول الطعام الحاوي على الگلوتين حتى استكمال السنة الأولى من أعمارهم، أو حتى، أفضل من ذلك، تجنبه بشكل كامل. أما ما نقصده بعالي الخطورة: فهم الأطفال الذين لديهم استعداد وراثي، مع وجود قصة الإصابة بهذا الداء لدى أقربائهم المباشرين.

نحن نظن أن هذا الأسلوب قد ينجح؛ لأن النظام المناعي ينضج نضجا واضحا في الأشهر الاثني عشر الأولى من الحياة؛ ولأن الأبحاث حول الأطفال المؤهبين للإصابة بالداء CD أشارت إلى أن تجنب الگلوتين لديهم خلال السنة الأولى من حياتهم، قد يدرب جهازهم المناعي، الآخذ بالتطور، على تَحمّل الگلوتين فيما بعد، شأنهم في ذلك شأن الأشخاص الأسوياء، بدلا من أن يؤدي إلى فرط تنبيهه. وحتى الوقت الحاضر، أدرجنا في هذه الدراسة 700 طفل ممن يحتمل أن يكون لديهم استعداد وراثي للإصابة بالداء CD، وتشير الموجودات البدئية إلى أن تأخير التعرض للگلوتين ينقص من احتمال تطور الداء CD لديهم بمقدار أربعة أضعاف. ومع ذلك، ستمر عقود حتى نصبح متأكدين فيما إذا كان بإمكان هذه الاستراتيجية أن توقف الداء وتمنعه من الحدوث أصلا.

ونظرا لوجود أرضية مشتركة بشكل واضح بين الاضطرابات المناعية الذاتية بشكل عام، فإن الباحثين الذين يستقصون هذه الحالات تواقون إلى معرفة فيما إذا كانت بعض الاستراتيجيات العلاجية للداء CD قد تشفي الحالات المناعية الذاتية الأخرى، والتي تفتقد معالجات جيدة في الوقت الحاضر. وبوجود أساليب علاجية مختلفة قيد الإعداد في الوقت الحاضر لمعالجة الداء CD، يمكننا البدء بالأمل بأن هذا الداء الذي لازم البشر منذ فجر الحضارة سيواجه القرن الأخير من حياته على هذه الأرض. ■

(*) TREATMENT IDEAS

مراجع للاستزادة

Mechanisms of Disease: The Role of Intestinal Barrier Function in the Pathogenesis of Gastrointestinal Autoimmune Diseases. Alessio Fasano and Terez Shea-Donohue in *Nature Clinical Practice Gastroenterology & Hepatology,* Vol. 2, No. 9, pages 416–422; September 2005.

Diagnosis and Treatment of Celiac Disease. L. M. Sollid and K.E.A. Lundin in *Mucosal Immunology,* Vol. 2, No. 1, pages 3–7; January 2009.

9002 tsuguA ,naciremA cfiitneicS

[النظر إلى الأمام]

أفكار حول المعالجة(*)

ليس لدى المصابين بالداء CD هذه الأيام سوى اختيار واحد للمعالجة: تجنب جميع الأطعمة التي تحتوي على الگلوتين. ونظرا لصعوبة اتباع نظام غذائي مقيد، فإن الباحثين يستقصون خيارات أخرى لمعالجة الداء CD، مثل الخيارات المدونة في الجدول التالي. ولا يزال الوقت مبكرا في مسيرة العمل. وحتى اليوم، ليس هناك دواء وصل إلى مرحلة الدراسة السريرية المتقدمة اللازمة للحصول على ترخيص التسويق.

المعالجة	اسم الدواء (الباحثون/الوضع الحالي له)
تجنب الگلوتين في النظام الغذائي لدى الرضَّع خلال السنة الأولى من حياتهم.	لا يوجد دواء (جامعة مريلاند، الشهر3، وبشكل منفصل، جامعة مارشيه پوليتكنيك في إيطاليا، في مرحلة الاختبارات على البشر).
تفكيك شدف الگلوتين غير المهضومة بحيث لا يمكنها تحريض استجابة النظام المناعي.	ALVOO3 (Alvine) وعلى نحو منفصل، AN-PEP في المركز VU الطبي الجامعي بهولندا في مرحلة الاختبارات على البشر).
منع الپروتين زنيولين من زيادة نفوذية الأمعاء.	المثبط لارازوتيد (شركة ألبا للمعالجة، في مرحلة التجارب على البشر).
منع الإنزيم TTC من تحوير قطع الگلوتين بطرق تنبه النظام المناعي.	لا يوجد اسم (جامعة ستانفورد و نيو ميريت، في مرحلة الدراسة في المختبرات).
توقيف ارتباط الجينة HLA-DQ2 بپپتيدات الگلوتين وعرضها على الخلايا التائية المساعدة.	محاكيات الگلوتين (جامعة ليدن في هولندا، وعلى نحو منفصل جامعة ستانفورد في مرحلة الدراسات في المختبرات).
تلقيح المرضى بقطع مختارة من الگلوتين لتحريض الخلايا التائية المساعدة على تحمل الگلوتين المعروض بواسطة جزيئات الجينة HLA-DQ2 بدلا من التفاعل معه.	Nexvax2 (Nexpep أستراليا في مرحلة التجارب على البشر).
إحصار هجرة الخلايا التائية القاتلة داخل بطانة الأمعاء.	CCX282-B (chemocentryx، في مرحلة التجارب على البشر).
إحداث العدوى بالديدان الشصية (الطفيليات تخمد الاستجابات المناعية في الأمعاء).	طفيليات الديدان الشصية (مستشفى الأميرة ألكسندرا في أستراليا، ومتعاونون معها، في مرحلة التجارب على البشر).





شحن قوي سريع للدماغ(*)

هل ستكون لدينا يوما أقراص طبية نتناولها مع وجبة الإفطار؛ لتحسين قدراتنا على التركيز والتذكر، من دون أن تتضرر صحتنا لأمد طويل؟

<G. ستيكس>

مفاهيم مفتاحية

- **يتناول طلبة الجامعة والموظفون الإداريون الكبار أدوية منبهة؛ لتحسين أدائهم الذهني الروتيني، مع أن هذه المركبات لم يصادق بعد على استخدامها لهذا الغرض.**
- **أثار بعض المعنيين بالأخلاقيات وعلماء الأعصاب إمكانية جعل هذه الأدوية متاحة على نطاق واسع لتعزيز القدرات الذهنية للأشخاص الأصحاء الذين لا يعانون الخرف.**
- **تظل هناك تساؤلات عما إذا كان أي دواء يؤثر في الوظائف الذهنية الأساسية من الممكن أن يصبح مأمونا وفعالا بالقدر الكافي الذي يسمح بتناوله مثل القهوة أو الشاي.**

محررو ساينتفيك أمريكان

يستخدم الرمز (H+) من قبل عدد من الاختصاصيين بعلوم المستقبل **ككود**[(1)] لنسخة مُحسّنَة للجنس البشري. ولعل هذه النسخة المُحَسَّنَة من الجنس البشري ستقوم بتعميم مزيج من التقانات المتطورة، كالخلايا الجذعية والإنسالات[(2)] والأدوية المقوية للقدرات المعرفية، من أجل التحرر من القيود النفسية والجسدية الأساسية.

لم تعد فكرة تحسين الوظائف الذهنية من خلال تناول أقراص طبية قادرة على شحذ الذاكرة ورفع درجة التركيز وتعزيز القدرة على التخطيط الاستراتيجي لمجابهة تحديات العيش مجرد ضرب من الخيال الذي يجول في خاطر اختصاصي علوم المستقبل، بل إن هذه الفكرة قد أخذت بالتبلور واقعيا من خلال الإعلان الذي أطلقه الرئيس الأمريكي الأسبق <H .G. بوش> بأن تسعينات القرن الماضي هي عقد الدماغ، ومن خلال ما تلا هذا الإعلان من تطورات حصلت خلال زمن قصير يمكن أن نسميه «عقد الدماغ الأفضل».

يتجلى هاجس مقويات القدرات المعرفية من خلال المقالات الكثيرة الجديدة التي تبشر مهلّلة بقدوم جيل جديد من الأدوية يحمل مُسمّيات مختلفة، مثل **الأدوية الذكية** smart drugs أو **المقويات العصبية (النورونية)** Neuroenhancers أو **المنشطات الذهنية** Nootropics أو حتى **فياگرا الدماغ** Viagra for the brain. وإذا ما نظرنا إلى الأمور من هذه الزاوية؛ فإنه لن يعترينا الشك بعد الآن في أن عصر التقوية الذهنية قد بدأ. فقد أصبح من المألوف لدى طلبة الجامعات، على سبيل المثال، أن يقترضوا من أصدقائهم الذين يتلقون علاجا

(*) TURBOCHARGING THE BRAIN، العنوان الأصلي: شحن تُربيني للدماغ.
(1) code
(2) إنسالة نحت من إنسان–آلي robot. (التحرير)



بدواء **ريتالين** Ritalin بعض الأقراص لكي يتمكنوا من مقاومة النعاس أثناء سهرهم. إلى ذلك، فإن كثيرا من المديرين التنفيذيين ومطوري البرمجيات الحاسوبية يحاولون الحفاظ على سبَقهم الذهني عن طريق تناول عقار طبي يُدعى **مودافينيل** modafinil، وهو أحد الأدوية المنشطة من الجيل الجديد. هذا ويُقسم أتباع هذه العقاقير بأن مفعولها يتجاوز بكثير ما يحدثه مشروب الماكياتو بالكراميل الرافع لدرجة اليقظة، ليشمل فضلا عن ذلك حالة من التركيز الذهني تشبه البؤرة الليزرية اللازمة لامتصاص الفروق الضئيلة بين مركبات الكيمياء العضوية، أو لتفسير الالتزامات الإضافية الخفية للقروض المالية.

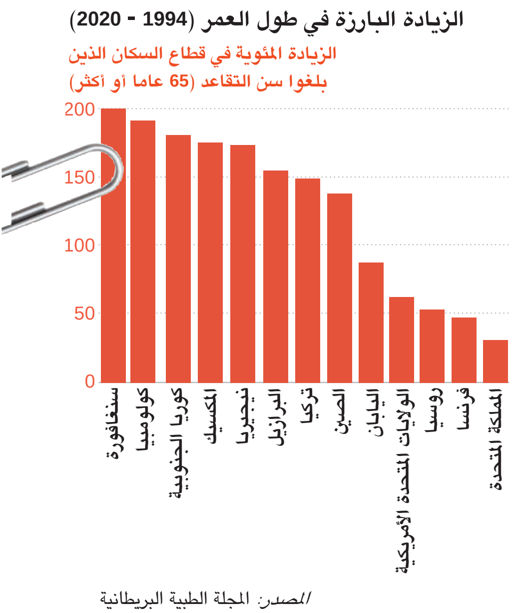
ويمكن أيضا أن يُسرِّع عصر التعزيز الذهني ما يبذله العلماء وصناع الأدوية من جهود لتحويل البحث العلمي القائم على الأساس الجزيئي للإدراك إلى مستحضرات دوائية معدة خصيصا لتحسين كفاءة الأداء الذهني، وفي المقام الأول لدى الأشخاص الذين يعانون مرضا من أمراض الخرف. ولكن دواءً يفيد المرضى المصابين بداء ألزهايمر أو داء باركنسون قد يصبح متعذرا على الأطباء اجتناب وصفه على نحو أكثر اتساعا لقطاع من كبار السن يعاني اختلالات ذهنية أخف. والمناظرات بين المؤيدين والمعارضين لأخلاقيات التعزيز الذهني، التي تم الترويج والدعاية لها على نطاق واسع، دعمت الشعور بأن أقراصا قادرة على تحسين الإدراك الذهني سوف تتوافر لدينا جميعا يوما ما.

لقد تساءلت مقالات أكاديمية وصحفية عما إذا كانت معززات القدرات الذهنية قد أعطت بالفعل بعض الطلبة أفضلية خادعة غير منصفة عند اجتيازهم امتحانات القبول للالتحاق بالجامعة، أو عما إذا كان أصحاب الأعمال يتجاوزون الحدود إذا ما طالبوا مرؤوسيهم بتناول هذه المستحضرات الكيميائية لتمكنهم من الوفاء بتسليم إنتاج الشركات في مواعيدها المقررة.

ولكن، حتى عندما نشرت مقالات عن «تحول رئيس العمال إلى انتهازي»، نشأت شكوك حول حقيقة الأدوية المعززة للقدرات الذهنية. فهل العقاقير المتاحة حاليا والتي طورت من أجل مشكلات الانتباه

لِمَ تعزيز القدرات الذهنية؟[*]

إن ما يساعد على تفسير الانبهار بالأدوية المعززة للقدرات الذهنية هو وجود قطاع من كبار السن (*الرسم البياني*)، وصيدليات الإنترنت التي يوجد بها كل شيء في أي مكان وفي كل وقت، وقوى عاملة وقطاع الطلبة المطوقين بمواعيد نهائية وضغوط الأداء (*الصورة*).



المصدر: المجلة الطبية البريطانية



أو النعاس المفرط تتيح بالفعل للطالب أداءً أفضل في الامتحان، أو لموظف إداري كبير أداءً بلا أخطاء في مواجهة استجواب قاس من قِبَل مجلس الإدارة؟ وهل يمكن أن يصبح أيّ دواء يعبث في وظائف الدماغ الأساسية آمنا أبدا بالقدر الكافي لوضعه على رفوف الصيدليات بجانب مسكنات الألم، ومضادات الحموضة التي يتم صرفها من دون وصفة طبية؟ إن جميع هذه التساؤلات تثير الآن نقاشات حامية فيما بين علماء الأعصاب والأطباء والمعنيين بالأخلاقيات.

نشاز أخلاقي[**]

إذا وضعنا جانبا ما يدور حول معززات الإدراك من مناظرات ومجادلات بشأن أمان استخدامها ومشروعيته والاستعمال القسري لها، لوجدنا أن الطلب والإقبال على العقاقير المعززة للإدراك التي توصف فيما عدا ذلك لحالات مثل **اضطراب نقص الانتباه مع فرط النشاط** (ADHD)[١] عالٍ بالفعل. فبناءً على البيانات الحكومية التي تم جمعها عام 2007، تبين أن أكثر من 1.6 مليون شخص في الولايات المتحدة الأمريكية قد استخدموا المنشطات التي تصرف بوصفات طبية لأغراض غير طبية، وذلك خلال الاثني عشر شهرا الماضية. تتضمن الأدوية المشروعة من هذا الصنف **المثيل فنيدات** (**ريتالين**)[٢]، و**الأمفتامين أدّيرول**[٣]، و**المودافينيل** (**بروفيكيل**)[٤]. ولقد رَوَى ربع عدد الطلبة في بعض الجامعات أنهم يستخدمون هذه العقاقير. وقد أظهر تقرير غير رسمي أعدته المجلة Nature ***(الطبيعة)*** عن نتائج استفتاء أجرته في العام الماضي لقرائها عبر الإنترنت أن 20% من 1427 مجيبا من 60 دولة مستفتى عن استخدامهم الشخصي لتلك العقاقير، قد أقروا باستخدامهم إما الميثيل فنيدات، أو المودافينيل، أو **محصرات البيتا**[٥] (من أجل رهبة المسرح). وعموما، كان تعاطي هذه العقاقير من أجل تحسين القدرة على تركيز الفكر هو المبرر المذكور في أكثر الأحيان. وكثيرا ما ينجح الناس في الحصول على هذه الأدوية عن طريق الإنترنت أو من الأطباء الذين يستطيعون وصف أدوية مجازة لأحد الأغراض لعلاج شيء آخر. (ومع ذلك، لا يستطيع صناع الأدوية من الناحية القانونية الترويج لمثل تلك الاستخدامات غير المذكورة في النشرة الطبية الملصقة على الدواء).

هذا، ومن المتوقع أن يتنامى معدل تعاطي هذه الكيماويات متوازيا مع تقدم سكان البلاد في العمر،

لقد اقترح أحد المعنيين بالأخلاقيات خطة يمكن بمقتضاها أن ينتهي المطاف بعقار الريتالين أن يوضع على رفوف الصيدليات جنبا إلى جنب مع عقار الپيپتو-بيزمول (الفعال ضد التلبك المعدي) وأن يشترى مثله من دون وصفة طبية.

(*) Why Enhance?
(**) Ethical Dissonance
(١) attention deficit hyperacitivty disorder
(٢) methylphenidate (Ritalin)
(٣) the amphetamine Adderall
(٤) modafinil (Provigil)
(٥) beta blockers

وتزايد اقتصاد البلاد عولمة. فإذا كنت شخصا، كما يقول <Z. لينش> [المدير التنفيذي لمنظمة الصناعة التقانية العصبية] عمره 65 عاما مقيما في مدينة بوسطن وقد تناقصت مدخراتك من أجل تقاعدك تناقصا شديدا، وأصبح عليك أن تظل في سوق العمل وأن تتنافس مع شخص عمره 23 عاما مقيم في مومباي (في الهند)، فربما تشعر أنك مجبر على اللجوء إلى هذه العقاقير لكي تظل نشيطا متيقظا، ولكي تظل كفؤا.

إن الحث الحالي على إصدار دلائل إرشادية أخلاقية يفترض بالطبع أن هذه الأدوية أفضل من **الأدوية الغفل (المموهة الإرضائية)** placebos، وأنها بالفعل تحسن بعض أوجه الإدراك، ولتكن الانتباه، أو الذاكرة، أو «الوظائف التنفيذية» (التخطيط والمحاكمة العقلية، على سبيل المثال). بناءً على هذا الافتراض، يناقش الكثيرون مسألة أنه يتعين على المعنيين بالأخلاقيات دراسة عواقب تعاظم شعبية هذه الأدوية. وقد أدى هذا المنطق عام 2002 إلى نشأة فرع جديد من المعرفة الأكاديمية أطلق عليه أخلاقيات **علم الأعصاب** neuroethics يُعْنَى في جزء منه بمواجهة المشكلات الأخلاقية والاجتماعية التي يثيرها استخدام العقاقير و**الجهائز**[١] (الأغراس الدماغية وما شابه ذلك) المعززة للإدراك.

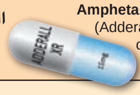
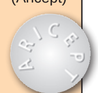
لقد قامت مجموعة من المعنيين بالأخلاقيات ومن علماء الأعصاب متخذة موقفا استفزازيا للغاية بنشر تعليق في عام 2008 في المجلة *Nature* يثير إمكانية التحول من المفهوم القائم على كون هذه الأدوية هي في الأصل وفي المقام الأول علاجا لأمراض معينة. وقد اقترح التعليق احتمال جعل **المنبهات النفسية**[٢] متوافرة ومتاحة على نطاق واسع للأكفاء ذهنيا من أجل تحسين أدائهم في الفصول الدراسية أو في اجتماعات مجالس الإدارات، شريطة أن يُقْضَى بمأمونية وفعالية تلك الأدوية إلى حد مقبول بالنسبة إلى الأشخاص الأصحاء. وقد قام الباحثون، مستشهدين ببحث علمي يبين فوائد هذه الأدوية بالنسبة إلى الذاكرة ومختلف أشكال العمليات الذهنية، ويساوي بين التعزيز الصيدلاني بالمستحضرات الدوائية وبين «التعليم والعادات الصحية الجيدة وتقانة المعلومات كوسائل يحاول بها جنسنا البشري المبتكر الفذ تحسين نفسه.»

عقب ذلك بستة أشهر، ذهب أحد مؤلفي ذلك المقال وهو <J. هاريس> المعني بالأخلاقيات البيولوجية بجامعة مانشستر بإنكلترا إلى أبعد من ذلك في مقال يعبر فيه عن رأيه ونُشر في المجلة الطبية البريطانية BMJ. فقد أشار <هاريس> [وهو رئيس تحرير مجلة

[على رفوف الصيدليات]

أهي حقا معززات (مقويات) للدماغ؟[*]

لقد أصبح شائعا في الكتابات العلمية وفي الصحافة الرائجة أن ترد الأدوية المذكورة أدناه والمصادق عليها لعلاج الاضطرابات العصبية، كأدوية تتمتع بإمكانية تحسين أداء الوظائف الذهنية لدى الأشخاص الأصحاء الذين لا يعانون أية اضطرابات. ولكن الأدلة على ذلك متفاوتة بلا جدال، وحتى لو ثبتت فائدة هذه الأدوية، فإن المخاطر التي يمكن أن تنشأ عن استخدامها قد تمنع الشركات المصنعة لها من الحصول على الموافقة من قِبل المنظمين لتسويقها إلى الأفراد الأصحاء.

الدواء 	الاستخدام الطبي	الفاعلية كمعزز ذهني	المخاطر المحتمل حدوثها
ميثيل فنيدات (ريتالين وكونسرتا وغيرهما) والأمفتامينات (أدّيرول وغيره) Methylphenidate (Ritalin, Concerta and others) and Amphetamines (Adderall and others) 	منبهات تستخدم لعلاج اضطراب نقص الانتباه مع فرط النشاط (ADHD) والتغفيق أو الخدار narcolepsy (نوبات نوم عميق قصيرة لا يمكن التحكم فيها).	تزيد الأداء الإدراكي في بعض المهام في حالة التعب، وقد تحسن القدرة على التخطيط وأحد أنواع أشكال الذاكرة العاملة، ويبدو أنها تزيد الأداء الوظيفي للمهام الروتينية المملة.	يمكن أن تجعل أداء المهام المعقدة أسوأ لدى مجموعة من مستخدميها؛ ويمكن أن تؤدي إلى مضاعفات قلبية وعائية ونوبات وهلوسات وإدمان.
مودافينيل (پروفيگيل) Modafinil (Provigil) 	منبه من جيل أحدث من المنبهات لعلاج التغفيق (الخدار) والنعاس الزائد المفرط بسبب مناوبات العمل الليلي وانقطاع النفس الانسدادي النومي.	يبدو أنه يزيد التركيز الذهني والأداء الأفضل في مجموعة محدودة من القياسات الإدراكية مثل تذكر سلاسل طويلة من الأرقام.	احتمال الإدمان عليه أعلى مما كان يعتقد أصلا، ويمكن أن يسبب أنواعا خطيرة من الطفح الجلدي.
دونيپيزيل (أريسپت) Donepezil (Aricept) 	علاج لتراجع القدرات الذهنية في مرض ألزهايمر، من خلال رفع منسوب الناقل العصبي أستيل كولين في الدماغ.	يمكن أن يعزز عملية التعلم والحفظ عن ظهر قلب والتذكر، ولكن النتائج بشأنه غير مؤكدة. ويمكن أن يستغرق عدة أسابيع ليحدث تأثيره، ولا يستخدم على نطاق واسع لأغراض غير مدونة في النشرة الطبية الملصقة عليه، مثل الأدوية المذكورة أعلاه.	يمكن أن يسبب تدهورا طفيفا في القدرات الذهنية لدى الأفراد الأصحاء.

الأخلاقيات الطبية JME ومؤلف كتاب ***تعزيز التطور*** [*Enhancing Evolution*] إلى أنه نظرا لاعتبار الميثيل فنيدات مأمونا بما يكفي لاستخدامه في الأطفال، فينبغي اعتباره غير ضار بما يكفي للاستهلاك من قبل البالغين الراشدين المهتمين بشحن أدمغتهم بقوة وبسرعة. وفي حديث صحفي لاحق، قال <هاريس> إنه تنبأ بتحرر تدريجي من القيود، وبأن هذا الدواء (لا يزال يخضع للرقابة في الولايات المتحدة الأمريكية) يمكن أن يصبح في النهاية شيئا يُشترى من دون وصفة طبية مثل الأسپرين، ما لم تنشأ مشكلات تتعلق بمأمونية استعماله.

ولكن هذه الاستشرافات لم تمر بسلام من دون أن تواجه بالاعتراض والارتياب، حيث تساءل باحثون آخرون عما إذا كانت الأدوية التي تعدل العمليات الذهنية قد تحظى يوما ما بمأمونية وسلامة تبرر صرفها بالطريقة نفسها التي يصرف بها مُسكِّن للألم من دون وصفة طبية، أو التي تباع





(*) Brain Boosters - Really?
(١) devices
(٢) psychopharmacology

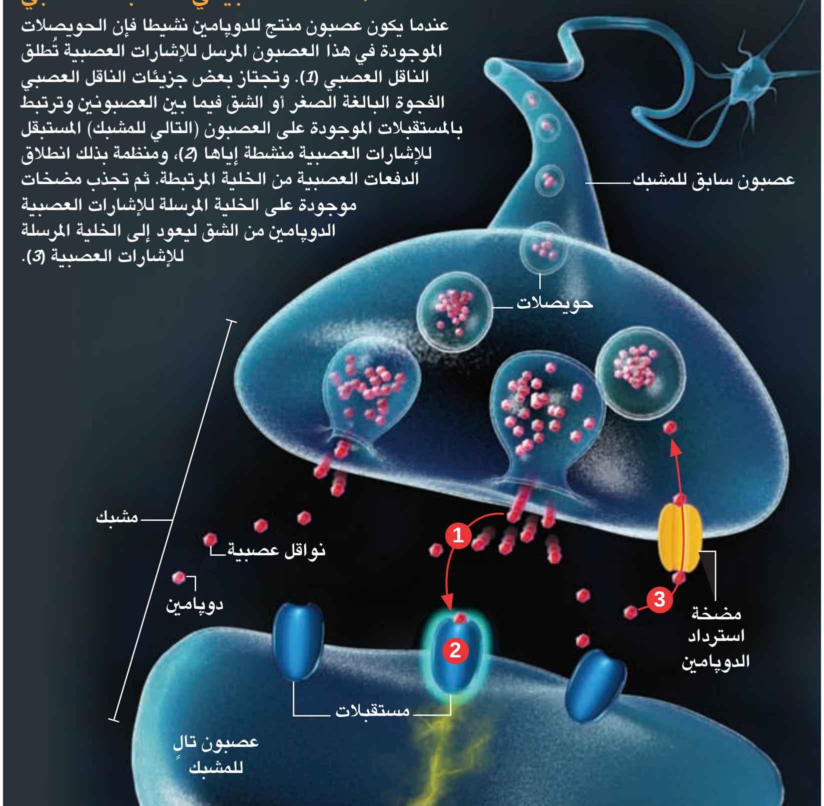
كيف يعمل اثنان من الأدوية المعززة للقدرات الذهنية(*)

تعمل بعض المعززات المزعومة للقدرات الذهنية مثل الميثيل فنيدات والأمفتامينات، على تعديل نشاط الناقل العصبي الدوپامين عند المشابك العصبية، وهي الوصلات بين العصبونات. ويمكن أن يؤدي تعزيز إشارات الدوپامين إلى تحسين عملية التعلم عن طريق تركيز الانتباه والاهتمام على المهمة المراد إنجازها.



▶ النشاط الطبيعي للمشبك العصبي

عندما يكون عصبون منتج للدوپامين نشيطا فإن الحويصلات الموجودة في هذا العصبون المرسل للإشارات العصبية تُطلق الناقل العصبي (1). وتجتاز بعض جزيئات الناقل العصبي الفجوة البالغة الصغر أو الشق فيما بين العصبونين وترتبط بالمستقبلات الموجودة على العصبون (التالي للمشبك) المستقبل للإشارات العصبية منشطة إياها (2)، ومنظمة بذلك انطلاق الدفعات العصبية من الخلية المرتبطة. ثم تجذب مضخات موجودة على الخلية المرسلة للإشارات العصبية الدوپامين من الشق ليعود إلى الخلية المرسلة للإشارات العصبية (3).

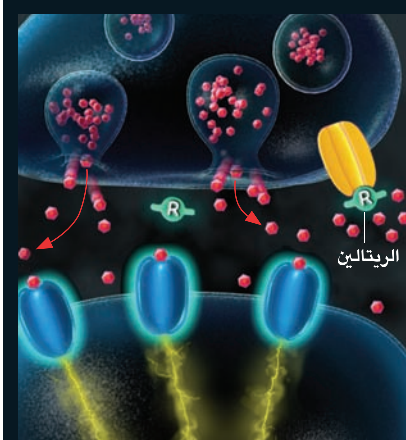


▼ نشاط المشبك العصبي المعزز بدواء

يعوق الميثيل فنيدات (الريتالين أو الكونسرتا على سبيل المثال) استرداد الدوپامين، فيتوفر مقدار أكبر من الدوپامين ليرتبط بالعصبون التالي للمشبك، مما يضخم من قوة الإشارة العصبية المرسلة من العصبون السابق للمشبك.

يدخل الأدّيرول وغيره من الأمفيتامينات العصبون السابق للمشبك عبر آلية الضخ ويتسبب في إزاحة الدوپامين إلى الشق المشبكي، مما يزيد من كمية الناقل العصبي المتاح للتأثير في الخلية التالية للمشبك.





فيها القهوة أو الشاي.

يقول <J. سوانسون> [الباحث بجامعة كاليفورنيا]، الذي كان مشتركا في التجارب الإكلينيكية (السريرية) الخاصة باستخدام عقاري **الأدّيرال**(١) و**المودافينيل**(٢) في حالات الاضطراب ADHD: «إن الناس يقولون إن تعزيز الإدراك يشبه تماما تحسين قوة الإبصار بارتداء النظارات.» كما يقول: «إنني لا أعتقد أن الناس مدركون للمخاطر التي ستحدث عندما تصبح لدينا أعداد كبيرة من الناس لها حرية استعمال هذه العقاقير، فسوف تصبح نسبة صغيرة منهم على الأرجح مدمنة لها، وقد يشهد بعض الناس بالفعل تدهور أدائهم الذهني وكل ذلك يجعلني أعارض شيوع استخدام هذه العقاقير.» إزاء كلمات هذه الرسالة القصيرة، تنتظر الوزارة البريطانية الرئيسية وهي وزارة الشؤون الداخلية تقريرا من هيئة من المستشارين عما إذا كان الضرر المحتمل من الاستخدام غير الطبي لمعززات الإدراك يقتضي سَنّ قوانين جديدة تنظم استعمالها.

ويؤكد علماء آخرون أن الجدل القائم يمكن أن يصبح غير ذي أهمية عملية؛ لأن تحسين الذكاء قد لا يكون ممكنا بأية وسيلة سوى التدريب العقلي المضني على حسن استخدام المعلومات التي نحشو بها أدمغتنا للتمكن مثلا من اجتياز امتحان في مادة التفاضل والتكامل. ويشكك بعض الذين حاولوا تطوير عقاقير لاستعادة الذاكرة التي تضمحل في حالات الخرف، في إمكانية تعزيز القدرات الذهنية لدى الأصحاء، ويرون أنها لا تزيد عن كونها احتمالا ضئيلا بعيدا. ويقول <R. بورتشولادزي> [مؤلف كتاب مشهور عن علم الذاكرة وباحث أَسْهَمَ في العمل البحثي الذي أدى إلى استحقاق <E.R. كاندال> لجائزة نوبل عام 2000] إنه لن يقلق كثيرا بشأن ما ينطوي عليه استخدام معززات الإدراك لدى الأصحاء؛ لأنه لا يوجد أصلا معززات إدراك لننزعج بشأنها، وأنه من المبكر جدا الحديث عن تعزيز الإدراك، وقد لا نتوصل إطلاقا في المدى المنظور إلى إنتاج هذه العقاقير، وأن هناك ضجة أكثر مما ينبغي حول هذا الموضوع.

وفقا لهذا التصور، فإن الذاكرة تتشكل من مزيج معقد يتكون من إشارات كيميائية وإنزيمات وبروتينات تعمل معا لتشغيل الذاكرة وفق نظام ذاتي التنظيم يقاوم الأداء بغير براعة ما لم يعطله مرض. ويمكن مواجهة الضعف التدريجي في عمليات التفكير والإحساس بالهوية، الذي يحدث مع الخرف، بتعويض

(*) How Two Enhancers Work
(١) Adderall
(٢) modafinil

[قصة طويلة]

معاون صغير للمحارب(*)

إن فكرة أن حبة دواء يمكن أن تحسن الأداء الذهني والبدني لدى الأصحاء، اكتسبت تصديقا واعتمادا أثناء الحرب العالمية الثانية. فطرفا النزاع استهلكا الملايين من أقراص الأمفيتامينات، مثل هذه الحبوب المنبهة التي كان يوزعها ضابط طبيب في القوات المسلحة الملكية البريطانية على أحد أعضاء طاقم طائرة قاذفة للقنابل.



الفقد الذي يحدث في المواد الكيميائية الرئيسية، ويمكن أن يعرض ذلك المريض لخطر الأعراض الجانبية المعاكسة غير المواتية من جراء التدخل بالعلاج الدوائي. ولكن إفساد استتباب هذا الاتزان الهش في الأصحاء يمكن أن يترتب عليه عواقب غير مقصودة. فالتعزيز الدوائي للذاكرة الطويلة المدى (وهي المكان الذي تكمن فيه ذكريات الطفولة وإجازة السنة الماضية) قد يُعاكس تناقص سعة الذاكرة العاملة (وهي دفتر تدوين الملاحظات الذهني الذي يخزن فيه دماغك رقم هاتف ما بصفة مؤقتة).

إن بعض النقاد الذين يتجادلون في أخلاقيات التعزيز العصبي يعزون التضارب الحالي في الآراء إلى ما يسمونه **الأخلاقيات التخمينية**(1). وهذه النزعة تهاجم أيضا تقانة النانو والمحاولات التقانية الأخرى التي يُلَهَى عنها المعنيون بالأخلاقيات والعلماء وصناع السياسات بما يدور من مناقشات حول الآثار الاجتماعية التي يمكن أن تنطوي عليها أنواع من التقانة لم تبتدع بعد، مثل الانتشار الاجتياحي بلا ضابط للأقراص الذكية، و**الإنسالات النانوية**(2). وتشير <M. تشيرمر> وزملاؤها بجامعة Erasmus بروتردام في مجلة *Neuroethics* ***(الأخلاقيات العصبية)*** إلى أن جزءا كبيرا من الجدل القائم حول التعزيز البشري يعاني توقعات مبالغا فيها، وانخداعا بالإمكانات التقانية.





تاريخ خاضع لتقلبات متواصلة(**)

يرجع الاعتقاد أن أدوية موجودة بالفعل يمكن أن تعزز القدرات المعرفية لدى الأصحاء إلى ما يقرب من قرن. وقد ترتب على هذا الاعتقاد نتائج غير قاطعة، فيها التباس. فقد قدم الكيميائي <G. أليز> عقار الأمفيتامين(3) للاستخدام الطبي عام 1929، وهو عقار تخليقي مماثل كيميائيا للعشب الصيني الإفيدرين(4)، (وقد صمم < أليز > أيضا العقار إكتازي(5)، وهو نوع آخر من الأمفيتامين). وقد تم توزيع هذه العقاقير على الطرفين المتحاربين أثناء الحرب العالمية الثانية لإبقاء الجنود متيقظين ومنتبهين لتزكية وتدعيم روح الاستبسال فيهم. وقد كان الألمان واليابانيون يتناولون الميثامفتامين في حين كان البريطانيون والأمريكيون يستخدمون عقار البنزيدرين الشبيه بالأديرول(6).

وسريعا، سعى العلماء إلى معرفة ما إذا كان النفع الملاحظ في الأداء حقيقيا غير زائف. والتقييمات النفسية التي أجراها كل من البريطانيين والأمريكيين أثناء الأربعينات من القرن الماضي بينت أن مستخدمي هذه العقاقير قد بالغوا في تقديرهم الذاتي لأدائهم في الاختبارات التي كانت تقيس سرعة القراءة والعمليات الحسابية كعملية الضرب وغيرها من العوامل. ولكن مجموع النقاط التي أحرزوها في اختبار معظم المهام لم يكن أفضل من تلك التي استحقها أشخاص يتناولون الكافئين فقط. بل ويمكن في الواقع أن يتدنى الأداء في المهام الأكثر تعقيدا. ويقول <N. راسموسين> [وهو مؤرخ ملم بتاريخ العلم والمعرفة بجامعة نيو ساوث ويلز في سيدني ومؤلف كتاب ***(على عجل)*** *On Speed*]: إن الأمفيتامينات تنزع إلى أن تجعلنا نشعر بأننا نُبْلي بلاء حسنا على نحو استثنائي في حين لا يحدث هذا في الواقع، وذلك لما لهذه العقاقير من تأثير في رفع الروح المعنوية، وتحسين المزاج. فهي ترفع مجموع النقاط التي تُحْرَز في الاختبارات السهلة جدا التي تقيس مستوى الأداء في المهام المضجرة بزيادتها للقدرة على بذل الجهد والإتقان؛ ولكن ذلك يختلف بالتأكيد عما تتطلبه اختبارات كلية الحقوق، أو قيادة طائرة حربية أثناء معركة.

لقد ظهر العقار ميثيل فنيدات(7)، وهو مادة كيميائية

(*) A Warrior's Little Helper
(**) A Checkered History
(1) speculative ethics
(2) nanorobots، إنسالة نحت من إنسان-آلي robot.
(3) amphetamine
(4) ephedrine
(5) ecstasy
(6) Adderall
(7) methylphenidate

يمكن أن تُسْتَمَد عقاقير جديدة معززة للقدرات الذهنية من العمليات الكيميائية الحيوية التي تشكل أساس تشكل الذاكرة.





وثيقة الصلة بالأمفتامينات، عام 1956 كشكل أخف وألطف من المنبهات كما كان مفترضا («الوسيط الموافق لمقتضى الحال في التنبيه النفسي العضلي»، على حد قول صُنّاع الأدوية)، ولكن كلا من آثاره الكيميائية الحيوية والنفسية مماثلة للآثار المعتادة للمنبهات عند الحصول على الجرعة المضبوطة منه. أما العهد الذهبي للأمفتامينات فيرجع إلى ما يقرب من أربعين عاما، وقد بلغ ما تم استهلاكه منها في الولايات المتحدة الأمريكية نحو 10 مليارات حبة في أواخر الستينات من القرن الماضي قبل أن تصبح إدارة الغذاء والدواء FDA أكثر صرامة، وتقوم بتصنيفها كمواد خاضعة للرقابة ويقتضي صرفها وصفة طبية خاصة. ويتذكر عالم الأعصاب ‹S .M. گازانيگا› [بجامعة كاليفورنيا، وهو أحد مؤلفي تعليق المجلة *Nature*] أن والده كان يرسل إليه دواء البنزيدرين ليساعده على الاستذكار أثناء دراسته الجامعية في أوائل ستينات القرن الماضي.



والاستخدام المتنامي للميثيل فنيدات في علاج الاضطراب ADHD في منتصف التسعينات من القرن الماضي، استحث الباحثين على نشر تقنيات جديدة لتصوير الدماغ، واختبارات نفسية عصبية[1] متطورة لفحص تأثيرات هذا الدواء في الأشخاص الأصحاء، مما أمدنا بقيمة قاعدية للمقارنة بالمرضى المصابين بالاضطراب ADHD، والاضطرابات العصبية النفسية الأخرى. وفي بحث نُشر عام 1997 في مجلة ***علم الأدوية النفسية***[2]، بَيَّن مؤلفوه ‹B. ساهاكيان› و ‹T. روبينز› وزملاؤهما [في جامعة كامبريدج] أن الميثيل فنيدات قد حَسَّن الأداء الإدراكي في قياسات عدة (وبالذات الذاكرة العاملة المكانية ورسم الخطط) في مجموعة في حالة الراحة من الذكور الشباب الأصحاء، وليس في قياسات أخرى ومنها الانتباه وطلاقة اللسان اللغوية). ومع توالي الاختبارات وارتقائها، بدا أن المتطوعين يرتكبون مزيدا من الأخطاء في استجاباتهم، ربما بسبب الاندفاع الحادث من تأثير الدواء.

والباحثون أنفسهم وجدوا لهذا الدواء فائدة إدراكية ضئيلة في كبار السن من الذكور الأصحاء؛ ولكن في عام 2005، لم تستطع مجموعة بحثية [في كلية الطب بجامعة فلوريدا] إثبات حدوث أي تعزيز للقدرات الذهنية إثر إعطاء الدواء لعشرين من طلبة الطب تم حرمانهم من النوم. وثمة عائق آخر يحول دائما دون وضع الميثيل فنيدات بجانب حبوب النودوز NoDoz، والكافئين كأدوية يمكن صرفها من دون وصفة طبية، وهو إمكان تسبُّبه في حدوث اضطراب في نظم القلب وخطر الإدمان عليه كدواء استجمامي. ومع أن حدوث الإدمان نادر مع الجرعات العادية من عقار الميثيل فنيدات، إلاّ أنه كان من المعتاد في السبعينات من القرن الماضي أن يصبح مستخدموه مدمنين له، استنشاقا أو حقنا، وكانوا يسمونه «الساحل الغربي».

الدواء الذي يجعل الذهن دائم التوقد(*)

إن تركة الأمفيتامينات الخاضعة لتقلبات متواصلة قد استحثت علماء الأعصاب والأطباء على الترحيب بقدوم المودافينيل كعامل معزز للتيقظ ذي تأثيرات جانبية أكثر تحملا وخطر إدمانه أقل مقارنة بالأمفيتامينات. وقدرة المودافينيل (الذي وضع قيد الاستعمال في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1998) على جعل الناس يتمكنون من العمل لفترات زمنية طويلة من دون الحاجة إلى أخذ فترات راحة قصيرة قد حولته إلى دواء يضبط نمط حياة الأشخاص الذين يعانون **تلكؤ النفاثة**[3] الذين يحاولون العيش في أربع مناطق زمنية في وقت واحد.

لقد استطاع ‹J. كاسيو› [زميل معهد «للمستقبل» في پالو ألتو بكاليفورنيا] أن يحصل على وصفة طبية بالمودافينيل من طبيبه المعالج بعد أن سمع عنه من أصدقائه الذين يسافرون كثيرا. وقد لاحظ أن هذا الدواء لا يجعله يشعر فقط بأنه أكثر تيقظا وانتباها، بل يجعله أيضا أذكى وحاد الذهن أكثر. وقد قال ‹كاسيو› الذي كان قد نوه بهذا الدواء في بعض المقالات التي كتبها: «لقد كانت زيادة التركيز الإدراكي والصفاء الذهني التي لاحظتها أقرب ما تكون إلى المفاجأة، ولكنها مفاجأة سارة جدا.» كما قال: «إن تجربتي لم تكن أني أصبحت شخصا حادّ الذكاء، ولكنها كانت أشبه بتجربة الانسياب إلى حالة من التدفق الإدراكي، حالة تكون فيها قادرا على العمل من دون شرود ذهني.»

لقد أكدت الاختبارات بعضا من انطباعات ‹كاسيو›، فقد وجد ‹ساهاكيان› و ‹روبينز› عام 2003 أن أداء 60 متطوعا من الذكور الأصحاء الذين تم اختبارهم قد تحسن في بضعة قياسات نفسية عصبية مثل تذكر المتتاليات العددية، ولكن ظلت نتائجهم في قياسات أخرى كما هي. كما اكتشف الباحثون في أماكن أخرى كذلك فوائد لهذا الدواء، إلا أنه، كما لاحظ ‹كاسيو› لن يجعل من الغبي عبقريا. فضلا عن ذلك، لم تختبر دراسة واحدة من

(*) The always-On Drug
(1) neuropsychological
(2) Psychopharmacology
(3) Jet-lag (تلكؤ النفاثة هو حالة من الإعياء البدني والتوهان الزمني المكاني تنشأ عن الاختلاف الذي يولده اختلاف الوقت في النظم البيولوجية للجسم عند الطيران السريع من منطقة إلى أخرى). (التحرير)

[في الطريق]

الإمكانات المرتقبة لمعززات القدرات الذهنية(*)

إن صناع الأدوية لديهم خطط لمواجهة مختلف أشكال الخرف، التي تتراوح بين الخرف في داء ألزهايمر وفقدان الذاكرة الشائع الذي يحدث مع التقدم في السن والهرم (اختلال الذاكرة المصاحب للتقدم في السن). وتُعرض هنا مجموعة مختارة من هذه المركبات التي لا يزال على العديد منها بلوغ المراحل المتقدمة من التجارب والاختبارات السريرية والتي يمكن في آخر الأمر أن يستخدمها الأشخاص الأصحاء الذين يرغبون في تحسين أدائهم الذهني، مع أنه لا تزال هناك تساؤلات بشأن مدى مأمونيتها وفعاليتها بالنسبة إلى الأشخاص الذين لا يعانون أية نقائص في قدراتهم الذهنية.

الصنف الدوائي	كيف يعمل	الشركات المصنعة
مُفَعِّلات ومنشطات مستقبلات الأسيتيل كولين النيكوتيني Nicotinic acetylcholine receptor activators	إنها إما أن ترفع مستويات الناقل العصبي أسيتيل كولين في مشبك العصبون، أو أنها ـ أي العقاقير نفسها ـ تحل محل الأسيتيل كولين في المشبك لتفعل وتنشط مستقبلات الأسيتيل كولين النيكوتيني، فتقوى بذلك وتعزز الانتباه والذاكرة وغير ذلك من القدرات الذهنية.	Abbott, CoMentis, EnVivo, Targacept/ AstraZeneca and Xytis
الأمپاكينات Ampakines	تعمل على مستقبلات AMPA لتقوي الاستجابات العصبونية للناقل العصبي الگلوتامات؛ وهذا النشاط من شأنه أن يسهل تخزين الذكريات المديدة [*انظر الإطار في الصفحة 36*].	Cortex Pharmaceuticals; Eli Lilly , GlaxoSmithKline/ Neurosearch, Organon, Servier and Pfizer
مثبطات إنزيم الفوسفودايستراز phosphodiesterase (PDE) inhibitors	أحد أنواع محصرات PDE يُمَكِّن جزيئا ناقلا للإشارات العصبية، وهو أحادي فُسفات الأدينوزين الحلقي Cyclic AMP، من أن يظل فعالا نشطا لفترات زمنية أطول في عصبونات الدماغ، معززا بذلك نشاط أحد الپروتينات واسمه CREB المهم بالنسبة إلى الذاكرة المديدة [*انظر الإطار في الصفحة 36*].	Helicon Therapeutics, Hoffmann - La Roche and Merc
مضادات الهستامين Antihistamines	تحصر نوعا من مستقبلات الهستامين اسمه مستقبلات H3، محسنة بذلك التيقظ والانتباه والإدراك. وهناك دواء دخل المراحل المتقدمة من الاختبارات السريرية لإنهاء اختباره كمعزز للقدرات الذهنية، وهو أحد الأدوية التي تتفاعل مع مستقبلات الهستامين H1 والتي تم تطويرها كعلاج لحمى الكلأ (حمى القش) في روسيا.	GlaxoSmithKline, Johnson & Johnson and Medivation / Pfizer

هذه الدراسات التأثيرات الطويلة الأمد لهذا الدواء في القدرات الذهنية.

ويظل توافر وتداول كل من المودافينيل أو الميثيل فنيدات بلا ضوابط تنظم استعمالهما أمرا مستبعدا لأنهما ينزعان إلى التأثير في الأفراد بطرق مختلفة. إذ يبدو أن مستخدمي المودافينيل ذوي معدلات الذكاء الأقل يستمدون منه زيادة كبيرة في الأداء الذهني، في حين يُظهر أولئك الذين يتمتعون بقدرة ذهنية فطرية أعلى، استفادةً ضئيلة أو معدومة. أما الذين يستخدمون الميثيل فنيدات، فقد تحسنت حالة الذين يعانون ذاكرة عاملة ضعيفة عند اختبارهم، في حين أظهر الذين يتمتعون فطريا بسعة ذاكرة أكبر استفادة أقل بكثير.

وكما حدث مع الأمفيتامينات، لم ينبثق المودافينيل من فهم أساسي للبيولوجيا الضمنية لكيفية عمل الدماغ. ولكن الأبحاث الحالية تبين أن هذا الدواء يؤثر، على ما يبدو، في نواقل عصبية متعددة، أي المواد الكيميائية التي تثير عناقيد معنية من العصبونات لإطلاق الدفعات العصبية؛ إلا أن آلية عمل هذا الدواء بالضبط لا تزال تحتاج إلى توضيح. ولكن مؤخرا قامت <D.N. ڤولكو> [مديرة المعهد القومي لدراسات الإدمان الدوائي وزملاؤها] باكتشاف أن أحد تلك النواقل العصبية هو الدوپامين، أي المادة الكيميائية نفسها التي تفرزها الأمفيتامينات والتي تصبغ تلك الأدوية بقدرتها الكامنة على إحداث الإدمان، وقد قالت <ڤولكو>: يبدو أن الميثيل فنيدات والمودافينيل متشابهان جدا في تأثيرهما في «منظومة الدوپامين» في الدماغ، وذلك على عكس ما كان يُعْتَقَد. إلا أنها أضافت أنه ليس من العملي تدخين أو ابتلاع المودافينيل لإحداث شعور قوي بالثمالة والابتهاج، ومن ثمّ فإن احتمال إساءة استعماله وإدمانه أقل. وقد ظهرت عقبة أخرى في طريق انتشار استخدام المودافينيل على نطاق أوسع عام 2006، عندما رفضت إدارة الغذاء والدواء هذا الدواء كعلاج للاضطراب ADHD لدى الأطفال، وذلك بسبب ورود تقارير عن إحداثه أنواعا خطيرة من الطفح الجلدي.

إن إعادة تصنيف الأدوية المقوية للانتباه على أنها معززات للقدرات الذهنية تصلح للطلبة وكبار الموظفين الإداريين ومصممي البرمجيات الحاسوبية يمكن أن تكون لها فوائد هامشية فقط مقارنة باحتساء قدح كبير من قهوة الإكسپرسو. والتساؤل عن التعريف الصحيح لمعزز لقدرات ذهنية، حث مجموعة من المختصين في الكلية الأمريكية لعلم الأدوية النفسية والعصبية على عقد اجتماعات لمناقشة المعايير التي يجب أن يفي بها أي دواء كي يتم تصنيفه كمعزز للقدرات الذهنية؛ لا سيما وأن أدوية لهذا التعزيز يمكن أن ترد من مجال بحثي آخر. فالتبصرات في الكيفية التي نحول بها صورة طفل رضيع أو اسم صديق لنا إلى ذكريات دائمة قد أرست الأساس لأدوية جديدة مصممة خصيصا لتحسين الوظائف الذهنية لدى المصابين بداء ألزهايمر أو بأشكال الخرف الأخرى.

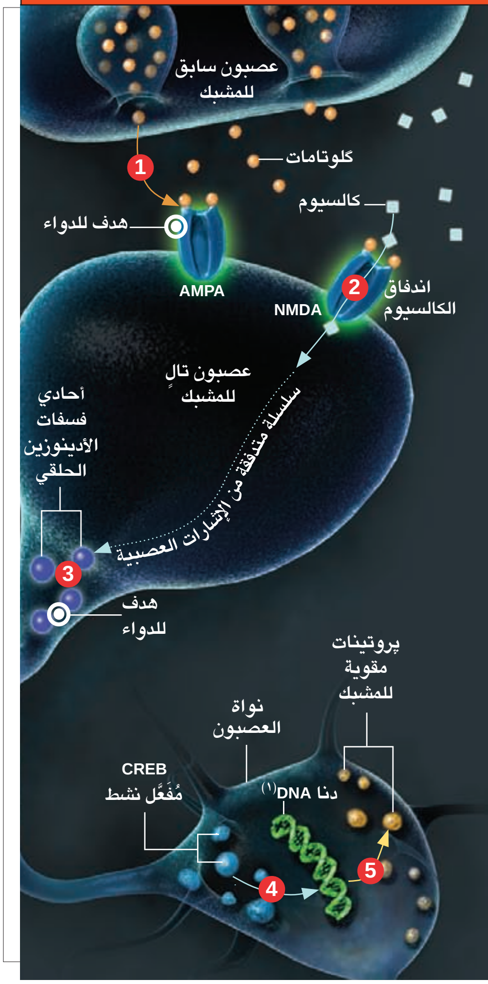
ينبع التفاؤل بشأن جيل جديد من المستحضرات الدوائية في جزء منه، من التقدم الذي حدث في الأبحاث الأساسية في العمليات الكيميائية الحيوية التي تشكل أساس تكوين الذاكرة. فأكثر من 30 نوعا من الفئران المعدلة الجينات قد ثبتت قدرتها على اكتساب المعلومات، وكذلك تخزينها في الذاكرة الطويلة الأمد على نحو أفضل من الفأر العادي. يقول <A.J. سيلڤا> [أستاذ البيولوجيا العصبية في جامعة كاليفورنيا]: «إن هذه هي المرة الأولى في تاريخ علم الأعصاب التي استطعنا فيها تحديد

(*) Prospects for Enhancers

[صنع ذكريات أفضل]

أدوية لتقوية الذاكرة(*)

لقد ظل الباحثون يعملون في مرحلة واحدة استغرقت ما يقرب من 20 عاما على أدوية تعزز القدرات الذهنية بإحداث تأثير أو تغيير على الجزيئات المشاركة في صنع الذاكرة المديدة.



لقد افترض علماء الأعصاب أن الذاكرة المديدة تتضمن ارتباط الناقل العصبي بنوعين من المستقبلات على العصبونات المتلقية للإشارات العصبية. فبعدما تصبح مستقبلة AMPA مرتبطة ❶، فإنها تقود المستقبلة المرتبطة الأخرى من النمط NMDA إلى فتح قناة تسمح باندفاق الكالسيوم ❷. ويفجرِ الكالسيوم سلسلة من الإشارات التي تُنشط جزيء أحادي فسفات الأدينوزين الحلقي Cyclic AMP الذي يشغل بدوره جزيئات أخرى تهاجر إلى نواة الخلية وتشغل الپروتين CREB ❸. يؤثر الپروتين CREB ❹ في الدنا DNA بطريقة تنبه تكوين الپروتينات التي تعود بعدئذٍ إلى المشبك العصبي وتقوي الارتباط بالإشارات بين العصبون المُصْدِر للگلوتامات والعصبون المُتَلَقِّي للگلوتامات ❺. وإن العقاقير التي تجعل هذه العملية أكثر فعالية - إما بتعزيز انتقال الإشارات العصبية عبر المستقبلات AMPA أو بإبقاء أحادي فسفات الأدينوزين الحلقي عاملا لفترة زمنية أطول ـ لم تمر إلا باختبارات سريرية قليلة.

الأساس البيولوجي الجزيئي للذاكرة، وما يعنيه هذا للمجتمع هو أننا أصبحنا نستطيع لأول مرة تسخير نتائج هذه الأبحاث للشروع في تغيير الكيفية التي نتعلم ونتذكر بها.

لكن الأرجح أن الطريق لا يزال طويلا جدا حتى نتمكن من إنتاج أدوية فعالة بحق لتقوية الذاكرة، وذلك في جزء منه بسبب التحديات العلمية، إذ إن معظم الطفرات الجينية المائتين التي أدخلها الباحثون في الفئران على النطاق العالمي قد سببت أنواعا مختلفة من العجز. ويذكر <سيلڤا> أن أحد فئران مختبره قد ظهرت عليه المعوقات المحتملة للتسويق التي سيواجهها الباحثون أثناء تطويرهم دواء مقويا للذاكرة. كانت الفئران المعدلة جينيا تتعلم أسرع من الفئران الطبيعية غير المعدلة، ولكنها كانت عاجزة عن إتمام ترتيب أجزاء أحجية أعدها الباحثون بعناية. ويقول <سيلڤا>: «إنك إذا علمتها شيئا بسيطا، فإنها تكتسبه أسرع، ولكنها لا تستطيع اكتساب أي شيء أكثر تعقيدا.» ويقدر <سيلڤا> أن ابتكار أدوية من هذا البحث للاستخدام الروتيني الاعتيادي يمكن أن يستغرق عقودا من الزمن.

كما أن تحديات السوق مروعة ومثبطة للهمم. فقد تداعت عدة شركات من أوائل الشركات التي دخلت معترك السبق الدوائي، ومنها تلك التي أسسها أكاديميون مرموقون. وقد ذكرت المجلة *Science* عام 2004 أربع شركات جديدة كأمثلة لهذه النزعة، وهي سانشون وكورتكس للمستحضرات الدوائية وميموري للمستحضرات الدوائية وهليكون للمداواة. أما شركة سانشون فقد توقفت عن العمل، وشركة كورتكس تداعت وتبحث يائسة عن شريك. كما قامت شركة هوفمان-لاروش عام 2008 بشراء شركة ميموري بسعر بخس أقل من دولار أمريكي للسهم، وكان قد شارك في تأسيسها <كاندال> الحائز جائزة نوبل، بعدما عانت اضطرارًا، عدة مرات، لتسريح عمالها تسريحا مؤقتا، وفشل عدد من تجاربها السريرية (الإكلينيكية). أما شركة هليكون، فقد كتب لها النجاة والاستمرار في العمل بفضل سخاء الملياردير <K. دارت> ذي المكانة المرموقة، والذي جذبته إمكانية تصنيع دواء لتقوية الذاكرة؛ حيث كانت الشركة تطور عقارا يمكن أن يعدل مسارا متعلقا بالگلوتاميت(٢)، وهو ناقل عصبي يبث إشعارات خلوية معقدة تؤثر في تشكيل الذاكرة الطويلة الأمد [*انظر الإطار في هذه الصفحة*].

وتقوم حاليا شركة دارت لعلم الأعصاب Dart NeuroScience (الشركة الشقيقة لشركة هليكون) بتطوير عدة أدوية جديدة مرشحة كأدوية للتذكر، تاركة مهمة إجراء الاختبارات السريرية لشركة هليكون. وقد تلقت شركة هليكون حتى الآن أكثر من مئة مليون دولار أمريكي كاعتماد مالي مخصص لهذا الغرض، ولكن الاختبارات السريرية التي تجريها لم تَبْلُغ بعد المرحلة قبل النهائية من هذه الاختبارات لأي دواء من أدويتها المرشحة لأن تصبح من الأدوية المعززة للذاكرة. يقول <T. تولي> [رئيس قسم الأبحاث العلمية بشركة هليكون والذي شارك في تأسيسها عندما كان يعمل في شركة معامل گولد سپرنگ هاربور]: «إن الطريقة التي أود بها أن أشرح ذلك لجمهور الحضور عندما ألقي محاضراتي هي أنه عندما تأسست شركة هليكون كنت أعتقد أنني أصنع معززات للذاكرة من أجل والديَّ، ولم يكن عندي حينذاك أي شعر رمادي. ولكنهما توفيا، وأنا قد شاب شعري كلية، وأصبحت مدركا تماما لحقيقة أني أخوض هذا السباق ليس

(*) Drugs to Remember
(١) الحمض الريبي النووي المنزوع الأكسجين.
(٢) glutamate

من أجلهما، وإنما من أجلي أنا.»

ويضيف <تولي> البالغ من العمر 55 عاما أنه لا يتوقع أن تصبح الأدوية التي ابتكرها هي الأكثر رواجا ومبيعا مثلها مثل عقاري الڤياگرا والپروزاك، وإن ما تحب وسائل الإعلام أن تتجاهله تماما هو ما يمكن أن تسببه هذه الأدوية من آثار جانبية، فهي تسارع إلى التكهن الجامح بأن تصبح هذه الأدوية عقاقير محسنة لنمط الحياة. وإني أعتقد أنهم أخفقوا في إدراك الحقيقة وهي أن هذه العقاقير يمكن أن تساعدك إذا كان لديك شكل موهن من اختلال الذاكرة، ولكنها على الأرجح ستكون خطيرة للغاية لأي شخص آخر يستخدمها في سياق مختلف.

وعلى الرغم من هذه الروايات التحذيرية، يستمر صناع الأدوية بمحاولاتهم تطوير عقاقير داعمة للقدرات المعرفية تستخدم في علاج داء ألزهايمر وغيره من أشكال الخرف [*انظر الجدول في الصفحة 35*]. ومن ضمن المركبات الدوائية التي تخضع للبحث أدوية تغير تأثيرات نواقل عصبية أخرى غير الگلوتامات، بما في ذلك المستقبلات التي يحرضها النيكوتين الموجود في التبغ (إلا أنه ليس النوع المرتبط بالإدمان)؛ فأحد أسباب إقبال الناس على التدخين هو أن النيكوتين يساعد على زيادة درجة الانتباه.

ويمكن أن تؤدي الدروس المستفادة من الأدوية التي تم تطويرها لعلاج حالات الخرف إلى إنتاج عقاقير تخفف المشكلات الإدراكية الأقل شدة المصاحبة للتقدم الطبيعي في السن، على افتراض أن هذه الأدوية لن تجيء مثقلة بآثار جانبية غير محتملة. وإذا كانت حميدة بالقدر الكافي، فإنها ستجد طريقها إلى المدن الجامعية، وأجنحة إقامة كبار الموظفين التنفيذيين. ويقول <P. B. راينر> [أستاذ أخلاقيات علم الأعصاب بجامعة كولومبيا البريطانية]: يرى العاملون في مجال الصناعة الدوائية، أن نجاح أحد الأدوية المقوية للقدرات المعرفية سيصبح المستحضر الصيدلاني الأكثر مبيعا على الإطلاق في أي وقت من الأوقات.

يقترب من طرحه في الأسواق(*)

بقدر ما يمكن أن يكون اكتشاف أدوية معززة للقدرات المعرفية من خلال الوصف التفصيلي للعمليات الجزيئية التي تشكل أساس هذه القدرات، مُرْضِيا للباحثين من الناحية العلمية، إلا أن المركبات الجديدة الأولى التي تصل إلى السوق لمعالجة حالات الخرف والاضطرابات الأخرى للقدرات المعرفية، قد لا تنبثق من التبصر العميق في الوظيفة العصبية، ولكن من الاكتشاف مصادفة. فبعض المركبات التي قد تم التصديق عليها لغرض آخر كان لها تأثير في القدرات المعرفية. فهناك، على سبيل المثال، دواء مرشح ليكون معززا للقدرات المعرفية قد دخل مؤخرا مراحل الاختبار الأخيرة لاختلال الوظائف المعرفية في داء ألزهايمر، وهو في الأصل دواء تم تطويره في روسيا كمضاد للهستامين لعلاج **حمى القش (حمى الكلأ)**(1)، ومن ثم تبين فيما بعد أن له خصائص مضادة للخرف. لقد أدى الإقبال الهائل المتوقع على شراء معززات القدرات الذهنية إلى أن تتخذ بعض الشركات طرقا غير تقليدية لتسويق منتجاتها، مثل الرجوع إلى أحد الأدوية التي أثبتت التجارب فشلها، أو إلى أحد الأدوية التي لم تستكمل بعد اجتياز الاختبارات السريرية وبيعه على أنه مكمل غذائي، أو أنه «غذاء طبي» يخضع لقوانين أقل صرامة تنظم صرفه.

وبالمثل، يمكن أن تطرح في الأسواق أدوية جديدة؛ لأن الإدارات الحكومية المسؤولة عن تنظيم تداول الأدوية أصبحت تصادق على توسيع مجال الاستخدامات المسموح بها بالنسبة إلى الأدوية التي من المعروف بالفعل أنها تؤثر في القدرات الذهنية. وقد سلكت شركة سيفلون Cephalon المصنعة لعقار المودافينيل هذا السبيل، وحصلت على ترخيص من الإدارة FDA يسمح بوصفه للموظفين الذين يعملون بشكل دوري في الليل والنهار، والذين يشكلون مجموعة أكبر بكثير من مجموعة **المتغفقين**(2) (الذين يعانون نوبات نوم يتعذر التحكم فيها) التي كان الترخيص أصلا من أجلها. (كما دفعت أيضا شركة سيفلون ما يقرب من 444 مليون دولار إلى ولايتين، وإلى الحكومة الفدرالية لقيامها بالترويج لثلاثة أدوية، ومنها المودافينيل، غير المرخص استخدامها). وإن الحافز إلى تحسين القدرات الذهنية - إما لتقوية التركيز الذهني أو للمساعدة على تذكر رقم هاتف أحد الأصدقاء - يمكن أن يتكشف أنه مُلِحٌ لكلٍ من صناع الأدوية والمستهلكين، لدرجة تحجب المخاطر التي يتعذر اجتنابها من جراء العبث بمجموعة الدوائر العصبية التي تشيع فينا حسّنا الأساسي بذاتيتنا. ■

<G. ستيكس> *كاتب في ساينتفيك أمريكان*

(*) Near to Market
(1) hayfever
(2) narcoleptics

مراجع للاستزادة

Memories Are Made of This: How Memory Works in Humans and Animals. Rusiko Bourtchouladze. Columbia University Press, 2002.

Towards Responsible Use of Cognitive-Enhancing Drugs by the Healthy. Henry Greely et al. in *Nature,* Vol. 456, pages 702–705; December 11, 2008.

The Molecular and Cellular Biology of Enhanced Cognition. Yong Seok Lee and Alcino J. Silva in *Nature Reviews Neuroscience,* Vol. 10, pages 126–140; February 2009.

The Future of Psychopharmacological Enhancements: Expectations and Policies. Maartje Schermer et al. in *Neuroethics,* Vol. 2, pages 75–87; July 2009.

9002 rebotcO ,naciremA cfiitneicS

السحر والدماغ(*)

منذ مئات السنين، كان السحرة يختبرون ويستغلون حدود ملكتي الإدراك والانتباه لدى البشر. وعلماء الأعصاب اليوم على وشك اللحاق بهم.

<S. مارتينيز-كوندي> - <S. L. ماكنيك>



تُسلَّط أضواء المسرح على مُساعِدَة الساحر بملابسها البيضاء البالغة الصغر. وهذه المُساعِدة منارة مضيئة من جمال مشع من المسرح إلى المشاهدين. ومن ثمّ، يعلن الساحر الكبير <تومسوني> أنه سيغيّر لون ثيابها الأبيض إلى الأحمر. فيمْسك المشاهدون أطراف مقاعدهم مجهدين أنفسهم في التركيز على تلك المرأة معمّقين صورتها على شبكيات عيونهم. يصفّق <تومسوني> بيديه، فتعتم الأضواء لأمد وجيز قبل عودتها متوهجة بأجيج أحمر اللون وتتقاذف المساعدةَ أمواجٌ في فيض من الاحمرار.

قف، لحظة! لم يكنْ تحويل الألوان باستعمال أضواء المسرح هو بالضبط ما كان يدور في أذهان المشاهدين. يقف الساحر عند جانب من المسرح مبديا ارتياحه من دعابته الصغيرة ويعترف، شارحا ذلك بأسلوب شيطاني، أنها كانت حيلة رخيصة من النوع المفضل لديه. ولكن، عليك أن تقر أنه بدّل لون ثيابها، إضافة إلى ما تبقّى من جسمها، إلى الأحمر. ومن فضلك، سامحه وحوّل انتباهك مرة أخرى إلى مساعدته الحسناء وهو يعيد تبديل الإضاءات استعدادا لخدعته التالية. يصفّق بيديه، فتخفت الأضواء ثانية ثم يتفجر المسرح في مسْتعر ساطع من البياض. ولكن انتظر، ها قد تغيرت ثيابها فعلا إلى اللون الأحمر. <تومسوني> العظيم قد فعلها من جديد.

تكشف الخدعة وتفسيرها من قبل <J. تومپسن> (الملقب أيضا تومسوني العظيم) عن امتلاكه إدراكا حدسيا عميقا لما يجري من السيرورات العصبية في أدمغة المشاهدين - من نمط ذلك الإدراك الذي يمكننا نحن - المختصين بعلم الأعصاب - تقديره حق قدره لما له من فائدة علمية لنا. إليك كيفية تدبير الخدعة. لدى تعريف <تومپسن> مساعدته للمشاهدين وهي بفستانها الأبيض الملتصق التصاقا ضيقا بجسمها، يستدرجهم من دون نطق أي كلمة إلى الافتراض بعدم وجود أي شيء، وبالتأكيد ليس فستانا آخر يمكن إخفاؤه تحت ملابسها البيضاء. وغنيّ عن القول بخطأ هذا الافتراض، على الرغم من معقوليته. وهذه المرأة الجذّابة وهي بملابسها الضيقة تساعد أيضا على توجيه اهتمام المشاهدين نحو أجزاء من جسمها، حيثما يشاء <تومپسن> بالضبط. وكلّما زاد تحديق المشاهدين بها، قلّ انتباههم لوجود أدوات مخفية على أرضية المسرح، وغدتْ **عصبوناتهم الشبكيّة**(1) أفضل تكيّفا لتحسس سطوع الضوء واللون.

وطوال ثرثرة <تومپسن> بعد «دعابته» الصغيرة، كانت المنظومة البصرية لجميع المشاهدين خاضعة لسيرورة دماغية تسمى **التكيف العصبي**(2)، إذ تتناقص مع مرور الزمن استجابة منظومة عصبية لمحفز متواصل (الاستجابة تقاس بسرعة إطلاق العصبونات ذات الصلة). وكأنما العصبونات تتجاهل تجاهلا فعالا أي **محفّز**(3) متواصل كي تحافظ على قدرتها على إرسال إشارة بأن محفّزا ما في دوْر التغير. وحين ينقطع المحفّز المتواصل تطلق العصبونات المكيّفة استجابة ارتداد تعرف بأنها **بعد التفريغ**(4).

وفي هذه الحالة، يكون المحفّز المكيّف هو الفستان المضاء بالأحمر. ويعلم <تومپسن> أنه خلال جزء من ثانية، بعد تعتيم الأضواء، سترتد العصبونات الشبكيّة إلى المشاهدين. وسيستمرون خلال ذلك برؤية **صورة تلويّة**(5) حمراء بشكل المرأة. وفي أثناء ذلك الجزء من الثانية، ينفتح باب في أرضية المسرح، ويخلع عن المرأة فستانها المثبت بيسر بواسطة شريط خاص، والمربوط بأوتار غير

مفاهيم مفتاحية

- غالبا ما تنجح الخدع السحرية بالتوجيه الخاطئ الباطني، وذلك باجتذاب انتباه المشاهدين بعيدا عن السرّ (الطريقة) المؤدي إلى نجاح الخدعة.
- يتفحص علماء الأعصاب الخدع السحرية؛ لتعلّم كيفية إخضاعها لدراسات تجريبية ولسبر تلك الجوانب من الشعور غير المبنية بالضرورة على الواقع الحسي المتداول.
- يظهر التصوير الدماغي أن بعض مناطق الدماغ تنشط بصورة خاصة خلال أنواع معينة من الخدع السحرية.

محررو ساينتفيك أمريكان

(*) Magic and the Brain، تدل كلمة « سحر» ومشتقاتها أينما ترد في هذه المقالة على الألعاب السحرية التي تجرى على المسارح.
(1) retinal neurons
(2) neural adaptation
(3) stimulus
(4) afterdischarge
(5) afterimage، إحساس بصري يحدث بعد زوال المنبه الخارجي. (التحرير)



يجري الساحران <پن> و<تلر> صيغة محدّثة من الخدعة التقليدية «تقطيع السيدة إلى نصفين بالمنشار»، خدعةٍ لا تزال تُحْدِثُ وَهْماً لا ينسى. (يُشَغِّلُ <پن> المنشَار و<تلر> ضحيته المستسلمة بكل راحة نفس). يكيّف علماء الأعصاب وسائل السحر في أنواع متعددة من التجارب، من بينها دراسات في كيفية استجابة الدماغ للأحاسيس التي تبدو منتهكة جميع خبراتنا السابقة بالواقع.

مرئيــة مؤدية إلى تحت أرضية المســرح. ومن ثم، تعاد الإضاءة مرة أخرى.

هنالــك عاملان آخــران يســاعدان على نجاح الخدعة. أولهما، سطوع الإضاءة قبيل خلع الفستان سطوعا شــديدا، فحين التعتيم لا يتمكن المشاهدون من رؤيــة الحركات الســريعة بالأوتار والفســتان الأبيض وهي تخفى تحت المسرح. ويمكن أن تتعرض لمثل هذا العمى المؤقت نفسه إذا دخلت من شارع فيه الشمس ســاطعة إلى دكان قليل الإضاءة. وثانيهما، عدم إجراء <تومپسن> خدعته الحقيقية إلاّ بعد جعله المشاهدين يعتقدون أن الحيلة قد انتهى أمرها؛ مما يعطيه أفضلية معرفية - إذ لم يعدْ المشاهدون يترقبون خدعة أخرى، فيتراخى قليلا تدقيق نظرهم.

علم جديد في سحر الأعصاب[*]

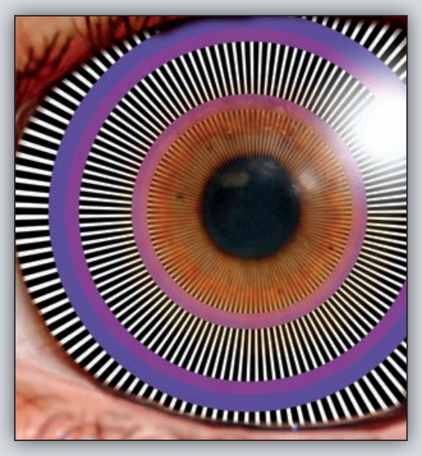
توضّــح حيلة <تومپســن> توضيحا حســنا الطبيعة الجوهرية لســحر المســرح. فالسحرة هم أولا وقبل كل شــيء، يتقنون فــن الانتباه والوعي. إنهــم **يدولبون**[1] ملــكات التركيز وشــدة الانتباه البشــري ويتحكمون، في كل لحظة مفروضة، فيما نحن واعون وفيما نحن لسنا واعين. ويقومون بكل هذا جزئيا باســتعمال تراكيــب محيرة من أوهام مرئيــة (كصور تلويّــة) وأوهام بصريّــة (الدخان ومرايا) وتأثيرات خاصة (انفجارات وعيارات نارية مزيفــة وتحكمات في الأضــواء مضبوطة التوقيت) وشعوذة في خفة اليد وأدوات سرية الصنع وأجهزة ميكانيكية (للتلاعب).

لعــل أكثــر أداة فــي جعبة خدعهــم وذات اســتعمال متعــدد الجوانب هــي القابلية لإحداث أوهام معرفية. وتتشابه الأوهام المعرفية والبصرية بحقيقة أن كلتيهما تضعان أقنعة على الإحســاس بالواقع الطبيعي. ومع ذلك، تختلف الأوهام المعرفية عن البصرية بكونها ليســت ذات طبيعة حسية؛ بل إنها تنطوي في تناولها على مســتويات من وظائف عالية مثل الانتباه والذاكرة والاستنباطات السببية.

(*) The New Science of Neuromagic

(١) to manipulate، دوْلب أي دوّره إلى مراده. (التحرير)

أهو خداع للعين أم خداع للعقل؟[*]



وَهْـمٌ منشأه التحديق باللوحة المسماة *Enigma* (اللغز) للفنان الفرنسي ‹ا. ليڤيان›، غالبا ما يُحدث إحساسا خاطئا بحركة جريانية في الحلقات المشتركة المركز (حدّق بالبقعة في المركز). ولكن، هل نشأ الوهم في العين أم في العقل؟ لقد تضاربت الأدلة على ذلك إلى أن بيّن المؤلفان وزملاؤهما في الشهر 2008/10 أن الحركة الوهمية تسيّر بانزراقات ميكروية، وهي حركات عينية لاإرادية صغيرة تحدث خلال تثبت بصري. ومعرفة أدوار العين والدماغ في السحر أمر لا بد منه قبْل إمكان استغلال أوهام السحر كأدوات اختبارية في علم الأعصاب.

فيتمكن السحرة المتمرسون وتحت تصرفهم جميع تلك الأدوات، من أن يجعلوا تتبع طبيعة ما يحدث في الواقع أمرا أقرب إلى المستحيل ـ تاركين الانطباع بأن السحر هو التفسير الوحيد لما حدث.

وقد بدأ الباحثون في علم الأعصاب باللحاق بالسحرة في دولبة ملكتيْ الانتباه والمعرفة. ومن المؤكد تباين هدف علم الأعصاب عن هدف الألعاب السحرية. إذ يسعى علماء الأعصاب إلى فهم عمل الدماغ والأعصاب، وهي الركائز الأساسية للوظائف المعرفية، في حين يريد الساحر على الأغلب استغلال مواطن الضعف المعرفي. ومع ذلك، فالأساليب التي طوّرها السحرة خلال قرون يمكنها أيضا ـ إذا استخدمت من قبل علماء الأعصاب ـ أن تكون قادرة على سبر الأغوار، مكملة وربما موسّعة الأجهزة قيد الاستعمال المختبري.

فعلم الأعصاب آيل إلى التأقلم مع طرائق السحر وذلك بإخضاع السحر نفسه إلى دراسة علمية ـ في بعض الحالات مبينا لأول مرة كيف تعمل هذه الطرائق في الدماغ. فالدراسات المتعددة التي أجريت حتى الآن على السحر عززت ما هو معلوم ـ من دراسات سابقة في علم النفس التجريبي ـ عن ملكتيْ المعرفة والانتباه. وربّ متهكم قد يقول: لماذا تجرى دراسة أخرى لمجرد تعزيز ما هو معروف جيدا من قبل؟ ولكن انتقادا كهذا يغْفل الأهمية والقصد من تلك الدراسات. إذ يتمكن علماء الأعصاب بدراساتهم طرائق السحر أن يجعلوا أنفسهم أكثر تآلفا مع أساليب يمكنهم تبنيها لأغراضهم العلمية الخاصة. ففي الحقيقة، نعتقد أنه كان من الممكن أن يتقدم علم الأعصاب المعرفي بسرعة أكبر لو سبر الباحثون أفكار السحرة في زمن مبكر أكثر. وحتى اليوم، قد يمتلك السحرة خدعا لم يتبناها بعد علماء الأعصاب.

ويأمل علماء الأعصاب باستعمالهم أدوات السحر، في التمكن من تعلم كيفية تصميم اختبارات أشد متانة وإنشاء أوهام معرفية وبصرية أكثر فعالية لاستكشاف الأسس العصبية للانتباه والوعي. ويمكن باتباع أساليب كهذه جعل تصميم دراسات اختبارية للمدركات ممكنة ليس فقط مع أشخاص أذكياء وشديدي الانتباه، فهذه الأساليب قد تؤدي أيضا إلى وسائل تشخيصية وعلاجية لمرضى يشكون من نقائص معرفية نوعية ـ مثل عوز الانتباه الناجم عن صدمة دماغية و**الاضطراب** ADHD[(١)] (اضطراب فرط النشاط معوز الانتباه) وداء الزهايمر وأمثالها. ويمكن وضع أساليب السحر لاستخدامها في «مخادعة» المرضى كي يركزوا على الأجزاء المهمة أكثر من علاجاتهم، في حين تكبت المشوشات التي تسبب ارتباكا وانحرافا في التوجه.

ويستعمل السحرة المصطلح العام: **توجيه خاطئ**[(٢)] للدلالة على ممارستهم تحويل انتباه المشاهدين عن إجراء سري. فالتوجيه الخاطئ باستعمال مصطلحات اللغة الخاصة للسحر، يوجه انتباه المشاهدين نحو «النتيجة» بعيدا عن «الطريقة» المستترة وراء هذه النتيجة. وقد صنّفنا، مستعيرين بعض المصطلحات من علم النفس المعرفي، التوجيه الخاطئ إلى «**ظاهري**[(٣)]» و «**باطني**[(٤)]». يكون التوجيه الخاطئ ظاهريا إذا أعاد الساحر اتجاه تحديق المشاهدين عن الطريقة ـ ربما بطلبه إلى المشاهدين النظر إلى شيء معين. وعلى سبيل المثال، عندما يقدّم ‹تومسوني› العظيم مساعدته الرائعة يضمن توجه جميع العيون نحوها.

أما أسلوب التوجيه الخاطئ «الباطني»، فهو بالمقابل أكثر غموضا؛ والساحر هنا أيضا يُركز بؤرة الشكّ بعيدا عن الطريقة؛ ولكن دون حاجةٍ إلى إعادة توجيه تحديقهم. ومع أن المشاهدين، تحت تأثير التوجيه الخاطئ الباطني، قد ينظرون مباشرة إلى الطريقة المستترة وراء الخدعة إلا أنهم لن يكونوا واعين بها على الإطلاق.

ويعترف **علم الأعصاب المعرفي**[(٥)] بنوعين، على الأقل، من التوجيه الخاطئ الباطني. ففي ما يسمى **عمى التغيير**[(٦)]، يخفق الناس في ملاحظة اختلاف شيء ما حول مشهد عما كان عليه سابقا. وقد يكون التغيير متوقعا أو غير متوقع، لكن ميزته الخاصة هي أن المشاهدين لا يلاحظونه بالنظر إلى المشهد في أية لحظة. بدلا من ذلك، على المشاهد إجراء مقارنة

(*) Fooling Mind Or Eye?
(**) Cognitive Illusions
(١) attention - deficit hyperactivity disorder
(٢) misdirection
(٣) overt
(٤) covert
(٥) cognitive neuroscience
(٦) change blindness

أوهام معرفية[**]

يدرس علماء الأعصاب طرائق السحرة في استغلال زلّات ذهنية، وفيما يأتي بعض منها:

- **عمى التغيير**

لا يفطن مشاهد إلى تغييرات حدثت في مشهد خلال انقطاع وجيز.

مثال: تبديل لون الأثاث بين فصلين في مسرحية.

- **عمى سهوي**

لا يدرك مُشاهد أشياء تحدث بوضوح في مجال النظر.

مثال: لا يُلاحظ شخص بملابس غوريلا وهو يتجول في مشهد.

- **عمى الانتقاء**

يفسر مشاهد أسباب انتقاء معين، مع أنه لم يجر هذا الانتقاء.

مثال: لا يلاحظ شخص صورة انتقاها أنها قد استُبْدل بها أخرى، حتى إنه يبرّر سبب تفضيله الصورة المستبدلة.
[انظر المؤطر أسفل الصفحة 43]

- **ارتباط موهم**

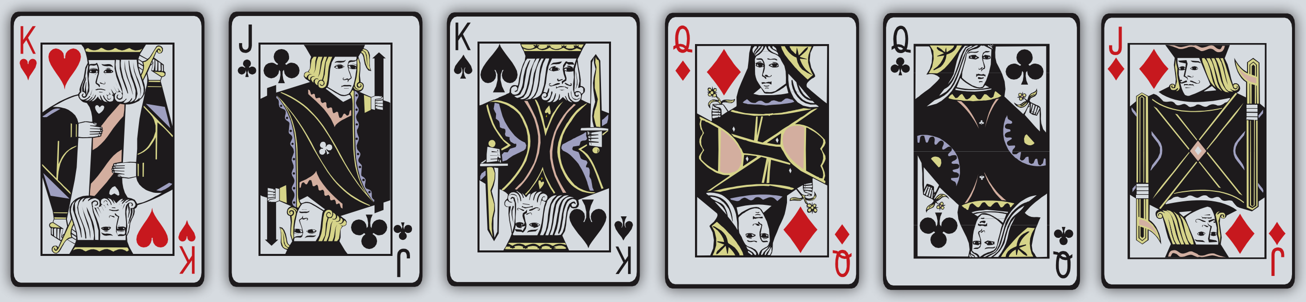
حادث يبدو وكأنه سبب لحادث ثان غير مرتبط بالأول.

مثال: يلوّح ساحر بعصاه، فيظهر أرنب.

[عمى التغيير]

أتستطيع منْعنا من قراءة أفكارك؟(*)

أتستطيع تفسير نتائج التجربة التالية لقراءة الأفكار التي قام بها <C. پكؤفر> [المؤلف الوفير الإنتاج للكتب الشعبية في العلوم والرياضيات]؟ لقد أعدّ محررو مجلة *ساينتفيك أمريكان* محاكاة لاختبار <پكؤفر> الذي يمكنك عمله هنا، أو يمكنك تجربة نسخة محيّرة أكثر على الإنترنت في الموقع الإلكتروني http://sprott.physics.wisc.edu/pickover/esp.html. ونعتقد أنه باستعمالنا منظومته المسماة ESP، نستطيع التنبوء بالنتيجة الصحيحة لاختيارك بدقة 98%. لتبدأ، اختر واحدة من أوراق اللعب الست أدناه وتذكرها.



ردّد اسمها بصوت عال. وحالما تشعر أنه من المؤكد أنك ستتذكرها، ضع دائرة حوْل إحدى صور العيون في السطر أدناه. ومن ثم، انتقل إلى الصفحة 45.



الحالة بعد حدوث التغيير مع الحالة قبل حدوثه.

لقد بيّنتْ دراسات متعددة أنه لا حاجة إلى دقة في التغييرات كي يحدث عمى التغيير. فحتى التبديلات الدرامية في مشهد مرئي قد تمر من دون ملاحظة إذا حدثتْ خلال فترة انقطاع انتقالي مثل طرْفة عين أو حركة سريعة لها من مكان إلى آخر أو ترجرج المشهد. والڤيديو المعنْون «خدعة تغيير لون ورقة لعب» للعالم النفسي والساحر <R. وايزمن> [من جامعة Hertfordshire بإنكلترا] مثال درامي للظاهرة، وهذا الڤيديو متوفر على الإنترنت في الموقع التالي: [www.youtube.com/watch?v=voAntzB7EwE].

وفي تجربة <وايزمن> التوضيحية ـ التي تستحق المشاهدة ـ يخفق المشاهد في ملاحظة ما يحدث من تبدلات في الألوان بعيدا عن الكاميرة. ومن الجدير بالذكر أن «خدعة تغيير لون ورقة اللعب» على الرغم من اسمها لا تستخدم السحر لتوضيح مقصدها.

أما **العمى السهوي**(1)، فيختلف عن عمى التغيير في كونه لا يتطلب مقارنة المنظر الحالي بمنظر من الذاكرة. ففي الحقيقة، يخفق الناس في ملاحظة شيء غير متوقع قابل أن يُرى بكامله وهو مباشرة أمامهم. وقد اخترع عالم النفس <J .D. سيمنز> مثالا كلاسيكيا لهذا النوع. فقد طلب <سيمنز> إلى مشاهدين إجراء تعداد المرات التي يقوم «فريق» من ثلاثة لاعبي كرة سلة بتمرير الكرة بينهم فقط متجاهلين تمريرها إلى ثلاثة لاعبين آخرين. وفي أثناء تركيزهم على العَدّ، أخفق نصف عدد المشاهدين في ملاحظة شخص بملابس غوريلا يتجول على طول الملعب (حتى إنه كان يتوقف خلال فترات وجيزة عند منتصف الملعب وهو يضرب على صدره!). لم تكنْ هنالك ضرورة إلى مقاطعة أو إلهاء من أجل إحداث هذا التأثير، فقد استنفدت مهمة العدّ انتباه الكثير من المشاهدين الذين كانوا ينظرون مباشرة إلى الغوريلا ومع ذلك لم يفطنوا إلى وجوده.

خداع العين أم خداع الدماغ؟(**)

يعتبر السحرة الشكل الباطني للتوجيه الخاطئ أظرف من الشكل الظاهري. غير أن المختصين بعلم الأعصاب يرغبون في معرفة نوعية الآليات العصبية والدماغية التي تمكّن خدعة من النجاح. وإذا كان علماء الأعصاب سيكيّفون البراعة الفنية للسحر؛ فيتعين عليهم فهم نوعيات السيرورات المعرفية التي تُستنبط منها تلك البراعات.

إن أول دراسة حوْل ارتباط الإدرك الحسيّ للسحر بقياس فيزيولوجي ربما نُشرت في عام 2005 من قبل المختصين بعلم النفس <G. كوهن> [من جامعة Durham في إنكلترا] و<B. W. تاتلر> [من جامعة Dundee في اسكتلندا]. لقد أجرى الباحثان قياسات لتحركات عيون المشاهدين حين

(*) Can You Keep Us From Reading Your Mind?
(**) Tricking the Eye or Tricking the Brain?
(1) inattentional blindness
(2) انظر: "*Windows on the Mind*," by Susana Martinez - Conde - Stephen L. Macknik; *Scientific American*, August 2007

المؤلفان


Susana Martinez-Conde


Stephen L. Macknik

*يعملان في معهد بارو للعلوم العصبية بمدينة فينكس الأمريكية. تدير <**مارتينيز-كوندي**> مختبر العلوم العصبية البصرية، ويدير <**ماكنيك**> مختبر الفيزيولوجيا العصبية السلوكية*(2).

كيف تسحب نقودا من الفراغ[*]

يعوّل الساحر ‹تلر› على التوجيه الخاطئ وعلى خفة اليد لإحداث وهم يسمى: «حلم بخيل». يبدأ ‹تلر› بإخفاء ست قطع نقود في كل من كفّيه. ومن ثم، يخرجها كما يبدو من أيّ شيء في متناول يديه، من شعره أو من غطاء نظارته أو من الفضاء ثم يرميها في دلو معدنيّ محدثا طقطقة مدوّية. وتعتمد



يبدأ ‹تلر›، بعد أن يوضح أن الدلو خال، بإبراز نقود بيده اليمنى.

بتوجيهه تحديق بصره نحو يده اليمنى يحوّل انتباه مشاهديه عن يده اليسرى. ولكن يده اليسرى التي يُمسك بها الدلو، هي التي يرمي منها النقود.

في الحقيقة، إنه يعيد باستمرار إبراز قطعة النقد نفسها.

وعند اللحظة التي يبدأ المشاهدون بالشك في أنه يرمي قطع نقود مخبأة في يده اليمنى يرمي خمسا من القطع الست من يده اليمنى دفعة واحدة وهي حركة تدهش المشاهدين؛ لأنه لا يمكن أن يخبئ 11 قطعة نقود في يده اليمنى.

قام ‹كوهن› (الذي كان ساحرا أيضا) بجعل سيگارة «تختفي» بإسقاطها تحت مائدة. وقد كان أحد أهدافهما تحديد ما إذا كان سبب إخفاق المشاهدين في إدراك الخدعة هو أنهم لم ينظروا إلى المكان الصحيح في الوقت الصحيح أو أنهم لم ينتبهوا إليها، مهما كان اتجاه نظرهم إليها. وكانت النتائج واضحة: لا فرق بأي اتجاه كانوا ينظرون.

تزودنا دراسة مشابهة لخدعة سحرية أخرى وهي «**وَهْم الكرة المتلاشية**[1]» بمزيد من الأدلة على أن الساحر يدولب انتباه المشاهدين على مستوى معرفي عال؛ بحيث لا تتوقف النتيجة على اتجاه تحديقهم. يبدأ الساحر في وهم الكرة المتلاشية برمي الكرة عدة مرات إلى الأعلى مباشرة ويمسكها من دون خطأ. ثم يتظاهر في رميته الأخيرة برمي الكرة متتبعا برأسه وبعينيه مسارا إلى الأعلى لكرة وهمية، ولكن بدلا من أن يرمي الكرة يخبئها سرا في راحة يده؛ غير أن أغلبية المشاهدين يشعرون أن الكرة (غير المرمية) قد صعدت ثم اختفت في كبد السماء.

بعد سنة من دراسته المشتركة مع ‹تاتلر›، اكتشف ‹كوهن› بالتعاون مع ‹F.M. لاند› [من جامعة سسيكس في إنگلترا] أن تحديق المشاهدين لم يكنْ موجّها نحو المكان الذي ادّعى المشاهدون أنفسهم أنهم رؤوا عنده اختفاء الكرة. ويشير الاكتشاف إلى أن الوهم لم يخدعْ تلك المنظومات الدماغية المسؤولة عن حركات العين لدى المشاهدين. وبدلا من ذلك، توصّل ‹كوهن› و ‹لاند› إلى أن نجاح الوهم يعتمد على حركات عيني الساحر ورأسه لأنها - بدلا من توجيه تحديقهم - تعيد توجيه مركز الانتباه للمشاهدين بصورة باطنية إلى موقع الكرة المتكهن به. إذ إن العصبونات المستجيبة لحركة الكرة التي توحيها حركات عيني الساحر ورأسه، توجد في المناطق البصرية من الدماغ كعصبونات حساسة لحركة حقيقية. فإذا كانت كل من الحركتين الموحاة والحقيقية تنشّطان شبكات عصبونية متشابهة، فمن الجائز ألا يكون غريبا تخيّل الوهم واقعا حقيقيا، كما بدا للمشاهدين.

لقد وضع ‹كوهن› و ‹لاند› الفرضية بأن الكرة المتلاشية قد تكون مثالا على **زخم ترميزي**[2]. فالمشاهدون يتصورون لدى اختفاء جسم متحرك أن موقعه النهائي يقع في مكان على امتداد مساره ولكن على مسافة أبعد من موقعه الحقيقي؛ وكأنما الموقع المتنبأ به قد **قُدِّر استدلالا**[3] من الحركة التي مرّ بها الجسم من قبل.

أدوات أكثر في تجارة المخادعة[**]

يحاول المشاهدون غالبا إعادة تأويل الخدع السحرية كي يفهموا ما حدث خلال العرض - وبعد كل ذلك، كلما حاول المشاهد فهم الخدعة وفشل

(*) How To Pull Coins Out of Thin Air?
(**) More Tools of the Trickery Trade
(1) vanishing-ball illusion
(2) representational momentum
(3) extrapolated

الحيلة جزئيا على إيماءات اجتماعية كموقع الرأس واتجاه تحديق البصر.



يُبرز <تلر> قطعة النقود الأخيرة من يده اليمنى، ويدير كفه ليبين أن كفه لا تحوي، في الحقيقة، شيئا.



بعرض رائع، يرمي <تلر> قطع النقود الـ11 من الدلو وهو مستمر باحتفاظه بالقطعة الأخيرة في يده اليمنى.

في ذلك، بدت له أكثر وكأنها هي «السحر» بذاته. والسحرة بدورهم يتحدون مشاهديهم بالكشف عن أساليبهم، مثلا، بالبرهان على خلو قبعة أو على أن ثياب مُساعدة أضيق من أن تخفي تحتها ثيابا. فتقريبا جميع ما يفعله السحرة هو أكثر ما يكون لجعل إعادة التأويل أصعب ما يمكن، وذلك من خلال توجيه خاطئ.

ولكن، ليس عمى التغيير والعمى السهوي هما النوعين الوحيدين من الأوهام المعرفية في جعبة السحرة. لنفترض مثلا أن ساحرا يحتاج إلى رفع يده لتنفيذ خدعة. يقول <تلر> (يُعْرف نصف عدد الألعاب السحرية الشهيرة على المسارح باسم <تلر> و<پين>) شارحا أنه إذا رفع يده من دون سبب واضح، فعلى الأغلب سيثير شكوكا لدى المشاهدين أكثر مما لو أومأ بيده لتعديل نظارته أو لحكّ رأسه، فهذا يبدو طبيعيا أو عفويا. تعرف مثل هذه الإيماءات لدى أوساط السحرة «**بإعلام الحركة**(1)».

والافتراضات غير المنطوقة والمعلومات الضمنية مهمة للإحساس بالخدعة ولإعادة تأويلها بعدئذ. يصرّح الساحر <J. راندي> [«راندي المذهل»] أنه يمكن إعداد المشاهدين لقبول إيحاءات ومعلومات غير منطوقة بسهولة أكثر من استعمال تعابير مباشرة. وعليه، فقد يتذكر مشاهدُ الإيحاءات الضمنيةَ لدى إعادة التأويل وكأنها برهان مباشر.

طبّق <P. يوهانسن> و<L. هول> [من جامعة لند السويدية] المختصان بعلم النفس وزملاؤهما هذا الأسلوب وأساليب سحرية أخرى في تطوير طريقة مبتكرة لتوجيه أسئلة في علم الأعصاب. فعرضوا على بسطاء خاضعين لتجربة صور أزواج من وجوه أنثوية وطلبوا إليهم أن ينتقوا من كل زوج الصورة التي وجدوها أكثر جاذبية. كما طلب إليهم، في بعض الاختبارات، إعطاء أسباب اختيارهم. ومن دون معرفة الخاضعين للتجربة وبعد أن تمّت الانتقاءات، استخدم الباحثون خفة اليد في الشعوذة لاستبدال صورة وجه إلى وجه آخر. وهكذا، أصبحت نتيجة الانتقاء بالنسبة إلى أزواج الصور المدولبة سرا، عكس الانتقاء الأصلي.

ومن المثير للاهتمام أن الخاضعين للاختبار لاحظوا التحويل في 26% فقط من جميع أزواج الصور المدوْلبة. ولكن، ما هو أشدّ غرابة أنه حين طلب إليهم التعبير عن أسباب انتقاءاتهم للاختبارات المدولبة تداولوا فيما بينهم متسامرين لتبرير النتيجة المعاكسة لانتقائهم الفعلي! وقد أطلق

(*) Inducing False Narratives
(**) Visual Illusions In Magic
(1) informing the motion

أوهام بصرية في السحر(**)

ليس جميع السحر معرفيّا. ويمكن استغلال صفات معروفة جيدا تتمتع بها المنظومة البصرية لتؤدي نتائج غير اعتيادية. وفيما يأتي بعض منها:

■ **لوي ملاعق**

يهز ساحر ملعقة، فيجعل رقبتها تبدو مرنة قابلة للالتواء.

كيف يتم ذلك:

عصبونات القشرة البصرية المسؤولة عن الحركة وعن نهايات الخطوط، تستجيب للتذبذبات بطريقة مختلفة عن استجابة العصبونات البصرية الأخرى. ويحدث نتيجة لهذا تفاوت ظاهري أثناء الفترة بين خاتمتي تحفيز وبين مركزه؛ فيبدو جسم صلب ملتويا عند وسطه.

■ **الاحتفاظ برؤية ما اختفى**

يزيل الساحر شيئا من مجال النظر، ولكن هذا الشيء يبقى مرئيا خلال فترة قصيرة.

كيف يتم ذلك:

يُحدث التفريغ التلوي العصبوني صور تلوية تدوم عُشْر ثانية بعد زوال المحفز.

■ **تموج فضائي ثلاثي المناطق لـ <J. Andrus>**

يحدّق مشاهدون في قرص يدور بسرعة. وهو ذو ثلاث مناطق لحركة توسع وتقلص. ويبدو هذا القرص للمشاهدين حين يتوقف عن الدوران أنه مازال في حركة توسع وتقلص.

كيف يتم ذلك:

تتكيّف العصبونات تكيفا مختلفا مع حركات المناطق الثلاث في المجال البصري.

[عمى الانتقاء]

استنتاج روايات باطلة(*)

في تجربة، عُرضت أزواج صور فوتوغرافية على الخاضعين لهذه التجربة (a) وطلب إليهم انتقاء الصورة الأكثر جاذبية (b). بعد كل انتقاء قلّب القائمون بالتجربة الصور على ظهرها (c) واستعملوا خفة اليد لتبديل الصور المنتقاة بالصور المرفوضة. وقلبوا الصورتين ثانية ليظهر وجهاهما إلى الأعلى، ثم طُلب إلى الخاضعين للتجربة تفسير تفضيلاتهم. نَسَجَ كثير من الخاضعين للتجربة «تفسيرا» لانتقائهم حتى عندما كان للصور المرفوضة (d). إن النزعة النفسية عند البشر إلى تأليف رواية ذات انسجام داخلي كي يلائموا ما يعتقدونه خطأ بأنه اختيارهم، غالبا ما تقتلع من ذاكرتهم اختياراتهم الواقعية.









توجيه خاطئ متعدد الأحاسيس[*]

<A. روبنز> (*في اليمين*)، يعلن عن نفسه أنه سارق محترف، موضحا كيف يضلل «الهدف» كي ينظر باتجاه معين، ومن ثمّ ليحول دون مراقبة الهدف لأشيائه. ويعوّل <روبنز> على دَوْلبة الملامسة والحيز الشخصي للهدف وكذلك على توجيه خاطئ للنظر. وعلى الموقع http://tinyurl.com/6lhxy8 يُعرض ڤيديو يُبَيّن كيف ينتزع <روبنز> ساعة مِعْصميّة لشخص آخر بخفة غريبة.



<يوهانسن> وزملاؤه مصطلح «**عمى الانتقاء**[١]» على هذه الظاهرة للدلالة الشديدة والضمنية على أن الخاضعين للتجربة سبق واتخذوا قرارا بالانتقاء. ونتيجة لذلك، تمكن الباحثون من دراسة كيفية تبرير الناس لانتقاءاتهم، حتى تلك التي لم يتخذوها.

النشال الذي يسرق دماغك[**]

يمكن أيضا تطوير أساليب التوجيه الخاطئ من خلال دراسة مهارات النشّالين. يعتمد هؤلاء اللصوص، الذين يمارسون مهنتهم غالبا في أماكن عامة مكتظة، اعتمادا شديدا على توجيه خاطئ اجتماعي الأساس - مثل **تلامس تحديقي** gaze contact أو تلامس جسمي أو غزو للحيز الشخصي للضحية الذي يسمونه «الهدف.» وقد يحرّك النشالون أيضا أياديهم بأساليب متميزة تعتمد على غاياتهم الحالية. فَهُم إما أن يلتفوا بها إلى الخارج بمسار منحن إذا أرادوا جذب انتباه الهدف إلى الحركة بكاملها، وإما أن يتتبعوا طريقا مستقيما ثابتا إذا أرادوا تقليل الانتباه إليه وتحويل انتباه الهدف بسرعة إلى الوضع النهائي. وليس في علوم الأعصاب تفسير يدعم تلك المناورات؛ ولكن معاوننا البحثي <A. روبنز> [وهو نشال محترف] يؤكد ضرورة وجود نوعي الحركات لإحداث التأثير الناجح للتوجيه الخاطئ على الهدف. ونحن نقترح عدة تفسيرات ممكنة وقابلة للاختبار.

أحد هذه التفسيرات هو أن الحركات المنحنية والمستقيمة لليد تفعّل منظومتين مختلفتين في الدماغ للسيطرة على تحريك العينين. «**فمنظومة المتابعة**[٢]» تتحكم في العينين عندما تلاحقان أجساما تتحرك **بحركة سلسة**[٣]، في حين تتحكم «**منظومة الانزراق**[٤]» في الحركات التي تثب فيها العينان من هدف تقديري إلى الهدف التالي. وهكذا، افترضنا أنه ربما تثير الحركات ذات المسار المنحني ليد النشال منظومة المتابعة للسيطرة على عيني الهدف، في حين أن الحركات السريعة المستقيمة قد تحفز منظومة الانزراق إلى تولي القيادة. ومن ثم، إذا أقفلت منظومة المتابعة على المسار المنحني ليد النشال، فإن مركز رؤية الهدف قد ينسحب بعيدا عن موقع سرقة مخبأة. أما إذا شاغلت الحركات المستقيمة السريعة منظومة انزراق الهدف، فيستفيد النشال من كبْت رؤية الهدف أثناء انزراق العين من نقطة إلى أخرى. (هذه ظاهرة معروفة جيدا في علوم البصر بالمصطلح: **الكبت الانزراقي**[٥]).

هناك تفسير آخر ممكن للحركات المتميزة لليد، وهو أن الحركات المقوسة قد تكون من ناحية الإدراك الحسيّ بارزة أكثر من الحركات المستقيمة، فهي تجذب انتباها أقوى. وإذا صحّ هذا، فمنظومة الانتباه وحدها، وليس أي منظومة تتحكم في حركة العين، قد يؤثر فيها التوجيه الخاطئ اليدويّ للنشال. وقد بيّنت دراساتنا البحثية المبكرة أن الأقواس وحافات الأجسام تكون بارزة أكثر وتولد نشاطا دماغيا أشدّ من الحافات المستقيمة. ويُرجح أن يكون سبب ذلك هو أن الأقواس الحادة والحافات أقل قابلية للتنبؤ بوجودها وزائدة على الحاجة (إذن، فهي أكثر غرابة ومعلومات) أكثر من الحافات المستقيمة. وعلى هذا الأساس، قد تكون المسارات المقوّسة أقل زيادة على الحاجة، ولذلك فإنها أكثر بروزا من المسارات المستقيمة.

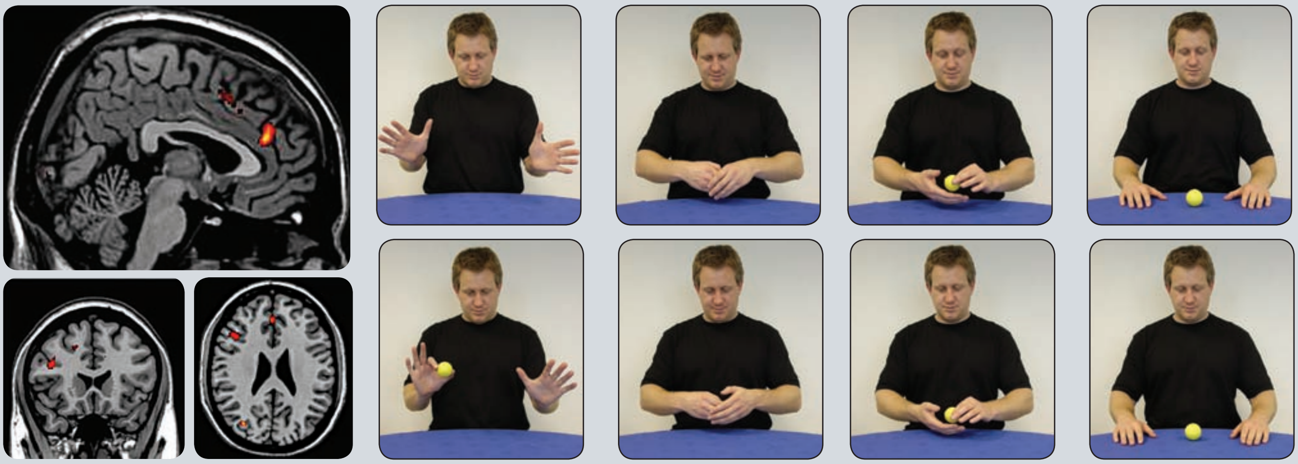
تحكم في الدراية بدماغ مُسلّك[***]

إن الإمكانيات في استعمال السحر كمصدر أوهام معرفية، للمساعدة على عزل الشبكات العصبية المسؤولة عن وظائف معرفية معينة بعضها عن بعض، تبدو لانهائية. وقد استعار علماء أعصاب مؤخرا أسلوبا من السحر، فطلب إلى الخاضعين للتجربة أن يربطوا ربطا خاطئا بين حدثين كسبب

(*) Multisensory Misdirection
(**) The Pickpocket Who Picks Your Brain
(***) Controlling Awareness in the Wired Brain
(١) choice blindness
(٢) pursuit system
(٣) smooth motion
(٤) saccadic system
(٥) saccadic suppression

كيف يتعامل الدماغ مع «المستحيل»[*]

شرائط ڤيديو لخدع سحرية، يبدو أنها تصوّر علاقات سببية مستحيلة مثل جعل كرة تختفي (*الصور في الصف العلوي*)، عُرضت على خاضعين لتجربة، وفي أثناء ذلك كانت ترسم مخططات لأدمغتهم بالرنين FMRI. وعرضت على مجموعة ضابطة شرائط ڤيديو مشابهة باستثناء خلوّها من خدع سحرية (*الصور في الصف السفلي*). وتبين مناطق الدماغ الملونة (*الصورة اليُسرى في الأسفل*) حدوث نشاط عصبي إضافي متزايد حين شاهد الخاضعون للتجربة شرائط ڤيديو الألعاب السحرية بدلا من شرائط الڤيديو الضابطة.



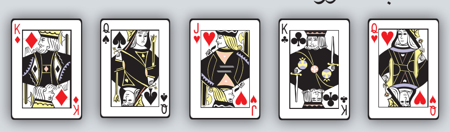
ونتيجة حينما كانت أدمغتهم تحت التسجيل. فعندما يسبق حدث A حدثا آخر B؛ فإننا غالبا ما نستنتج، خطأ أو صوابا، أن A يسبب B، ويستغل الساحر الماهر هذه النزعة الطبيعية ليجعل من المؤكد أن الحدث A (ولنقل ـ على سبيل المثال ـ سكب ماء على كرة) هو الذي يسبق دائما الحدث B (اختفاء الكرة). في الحقيقة، إن الحدث A لا يسبب الحدث B، ولكن ظهوره المسبق يساعد الساحر على جعله يبدو كذلك. ويطلق المختصون بعلم النفس المعرفيّ على هذا النوع من التأثير: **ارتباط موهم**[1].

وهنالك دراسة غير منشورة أجريت في عام 2006، قام بها <كوهن> وآخرون، حيث عُرضت خدعٌ سحرية على شريط ڤيديو تناولت خروقا واضحة لمفهومي السبب والنتيجة. وعرضتْ على خاضعين لاختبار برسم المخططات **بالرنين المغنطيسي الوظيفي** (FMRI)[2]. وأُجريت مقارنة لصور أدمغتهم بأمثالها **لمجموعة ضابطة**[3] من أشخاص شاهدوا شريط ڤيديو آخر ليس فيه انتهاكات جلية لمبدأ السببية. وقد اكتشف الباحثون في **القشرة الدماغية الحزامية الأمامية**[4] لدى الخاضعين للاختبار الذين شاهدوا الخدع السحرية تفعيلات أشدّ من التفعيلات المماثلة للمجموعة الضابطة. ويشير هذا الاكتشاف إلى أن هذا الجزء من المنطقة الدماغية قد يكون مسؤولا عن العلاقات السببية.

لقد شرعت أبحاث <كوهن> وزملائه في التلميح إلى قدرة أساليب السحر على دوْلبة ملكتي الانتباه والإدراك من خلال دراستهم فزيولوجية الدماغ. فلو تعلّم علماء الأعصاب استخدام طرائق السحر بمهارات السحرة المحترفين نفسها، لاستطاعوا هم أيضا التحكم في الإدراك تحكما دقيقا وآنيا. وإذا أقاموا علاقة ارتباط بين مادة الإدراك ووظائف العصبونات، فسيمتلكون الوسائل لتحري أسرار الشعور نفسه. ■

قرأنا أفكارك[**]

لقد أبعدنا ورقتك



هل حزرنا ورقة اللعب التي اخترتها على *الصفحة 41*؟ إذا صحّ حدسنا فهل تفسّر المنظومة ESP لـ<كيؤڤر> إجاباتنا الصحيحة أم أن هنالك تفسيرا أبسط ؟ لا تقرأ أكثر إلى أن تريد معرفة الجواب.

(*) How The Brain Deals With The Impossible

(**) We Read Your Mind

(1) illusory correlation

(2) functional magnetic resonance imaging

(3) control group، أو مجموعة شاهدة.

(4) the anterior cingulate cortex

مراجع للاستزادة

Failure to Detect Mismatches between Intention and Outcome in a Simple Decision Task. Petter Johansson, Lars Hall, Sverker Sikström and Andreas Olsson in *Science*, Vol. 310, pages 116–119; October 7, 2005.

Attention and Awareness in Stage Magic: Turning Tricks into Research. Stephen L. Macknik, Mac King, James Randi, Apollo Robbins, Teller, John Thompson and Susana Martinez-Conde in *Nature Reviews Neuroscience.* Advance online publication; July 30, 2008.

Microsaccades Drive Illusory Motion in the Enigma Illusion. Xoana G. Troncoso, Stephen L. Macknik, Jorge Otero-Millan, Susana Martinez-Conde in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 105, No. 41, pages 16033–16038; October 14, 2008.

For videos of leading magicians performing at the 2007 Magic of Consciousness Symposium, visit **www.mindscience.org/magicsymposium**

8002 rebmeceD ,naciremA cfiitneicS

اكتساب الأجنحة(*)

*فسرت الاكتشافات الأحفورية والجينية أخيرا تطور الخفافيش ـ وحسمت جدلا استمر طويلا حول نشأة قدرة الخفافيش على الطيران، وعلى شق طريقها باستخدام **الرصد الصدوي** echolocation.*

<N. B. سيمونز>

مفاهيم مفتاحية

- **الخفافيش هي الحيوانات الثديية الوحيدة القادرة على الطيران. ولذلك، تاق العلماء إلى معرفة الطريقة التي نشأت بها عن أسلافها التي عاشت على الأرض.**
- **ومع ذلك، وإلى عهد قريب، كانت الخفافيش الأحفورية حتى أقدمها، لاتزال تشبه من الناحية الأساسية الخفافيش الحالية.**
- **بينت الأحافير المكتشفة حديثا نوعا ساعد على ربط الخفافيش بأسلافها غير الطائرة.**
- **وإضافة إلى ذلك، أوضحت نتائج الدراسات الجينية والبيولوجية التكوينية أصول الخفافيش، وحدّدت مكانها على شجرة الأنساب من الثدييات، كما حددت الطريقة التي ربما يكون قد نشأ جناح الخفاش عن طريقها.**

محررو ساينتفيك أمريكان

إذا مسحت السماء ببصرك وقت الغروب في أمسية من أمسيات الصيف، فسوف ترى واحدة من أروع قصص التطور نجاحا: إنها الخفافيش. ومع وجود أنواع منها في كل قارة من قارات العالم، باستثناء القطب الجنوبي، تصبح الخفافيش مجموعة شديدة التنوع حتى وإن هناك نوعا منها من بين كل خمسة أنواع من الثدييات التي تعيش اليوم. ويعود السبب في شهرة الخفافيش، بالطبع، إلى قدرتها على الطيران التي تتيح لها الاستفادة من الموارد التي لا تستطيع الثدييات الأخرى الوصول إليها. ومع ذلك، فمن الصعب توقع نشوء مثل هذه المجموعة: فلم يحدث أن قام أي من الثدييات الأخرى بغزو عنان السماء. وقد كان السؤال الذي استحوذ على اهتمام علماء الحياة عشرات السنين هو ـ بالتحديد ـ كيف نشأت سادة سماء الليل عن أسلافها التي عاشت على الأرض.

كانت الإجابات بطيئة الخطى. ومع ذلك، كشفتُ مع زملائي، في الشهر 2008/2، النقاب عن أحفورتين لنوع من الخفافيش غير معروف من قبل زوّدتنا باستبصارات حاسمة لهذا التحول الغامض. فهذا النوع الذي عُثر عليه في ولاية وايومنگ وسُمي **أونيكونيكتيريس فينياي** *Onychonycteris finneyi* يعدّ من أقدم الخفافيش البدائية والتي اكتشفت حتى الآن. وقد قادت هذه الأحافير الآن مع غيرها، إضافة إلى نتائج التحاليل **الجينية** genetic الحديثة، إلى فهم جديد عن نشأة الخفافيش وتطوّرها.

أعجوبة مُجَنَّحة(**)

ولكي ندرك مدى تميز الخفافيش، علينا أن نضع نصب أعيننا واحدة من سماتها المميزة ألا وهي الأجنحة. إن هناك قلة من الثدييات، مثل السناجيب الطائرة، تستطيع أن تنزلق من شجرة إلى أخرى، بفضل ثنية في الجلد تصل طرفيها الأماميين بطرفيها الخلفيين. وبصورة عامة، يتفق الخبراء على أنّ الخفافيش نشأت، على الأرجح، عن أسلاف كانت تعيش بين الأشجار وتمتلك القدرة على الانزلاق أو **الطيران الشراعي**[1]. ومع ذلك، تنفرد الخفافيش من بين الثدييات بقدرتها على الطيران الناشط أو **طيران الرفرفة**[2]، وهو أكثر تعقيدا بدرجة كبيرة من الطيران الشراعي. وتدين الخفافيش بهذه القدرة إلى بُنية أجنحتها.

تتألف عظام جناح الخفاش من عظام ساعد وأصابع بالغة الاستطالة تدعم وتبسط أغشية الجناح الرقيقة المرنة. وتمتد الأغشية نحو الوراء لتحيط بالطرفين الخلفيين واللذين يكونان أصغر قليلا من أمثالهما في الثدييات المُماثلة في الحجم التي تعيش على الأرض. والكثير من الخفافيش لها أيضا غشاء ذيليّ يمتد بين الطرفين الخلفيين. وهناك عظم منفرد يدعى **الطنف** calcar يبرز من عقب الخفّاش ليدعم الحافة المرتخية لهذا الغشاء. وبتحريك أصابعها وساعديها ورجليها وأطنافها تستطيع الخفافيش أن تناور بجناحيها بطرائق لا تحصى؛ ممّا يجعلها حيوانات طائرة لا تبارى.

وتستطيع معظم الخفافيش أيضا أن تُحدّد مواقعها **بالرصد الصدوي (رجوع الصدى)**[3]. ويمكن لهذه الحيوانات الليلية، بإرسالها أصوات عالية الذبذبة

(*) TAKING WING
(**) Winged Wonder

(1) استخدم تعبير «الطيران الشراعي» هنا مرادفا لكلمة الانزلاق gliding.
(2) استخدم تعبير «طيران الرفرفة» هنا مرادفا لكلمة «الطيران الناشط» powered flight الذي تستخدم فيه رفرفة الأجنحة، وتبذل فيه الطاقة. وقد استخدم التعبير نفسه بمعناه الحرفي flapping flight في موضع آخر في المقالة.
(3) تعني تحديد مواقع الأشياء باستخدام صدى الصوت.

ومن ثَمَّ تحليل أصدائها المنعكسة، أن تكتشف عوائق أو فرائس بدقة تفوق كثيرا دقة الرؤية وحدها. (وعلى النقيض من التعبير «أعمى كالخفّاش»، فجميع الخفافيش يمكن أن ترى). فهناك أكثر من 85% من أنواع الخفافيش التي تعيش اليوم تستخدم الرصد الصدوي في تحديد الموقع. أمّا البقية الباقية، فتنتمي إلى فصيلة واحدة ـ خفافيش الفاكهة في العالم القديم، التي تدعى أحيانا **بالثعالب الطائرة** flying foxes، والتي فقدت على ما يبدو هذه القدرة على استخدام حاسة السمع وعوّلت بدلا منها، على نحو كامل، على حاستي البصر والشم لإيجاد الثمار والأزهار التي تتغذّى بها.

وتمتلك الخفافيش التي تعتمد على الرصد الصدوي مجموعة من المزايا التشريحية والعصبية والسلوكية التي تمكنها من إرسال وتلقي أصوات عالية التردّد. فهناك ثلاثة عظام في الجمجمة قد اعتراها التحوير: الأول، وهو **اللامي القلمي** stylohyal وهو عظم طويل ونحيل يربط قاعدة الجمجمة بمصفوفة من العظام الصغيرة ـ تسمى جميعها **بالجهاز اللامي** hyoid apparatus ــ والتي تدعم عضلات الحنجرة وصندوق الصوت. وفي معظم الخفافيش التي تشق طريقها بالرصد الصدوي، تتوسّع النهاية العليا للامي القلمي على شكل مجداف يساعد على تثبيت الجهاز اللامي بالجمجمة.

أمّا العظمان الآخران المرتبطان بالرصد الصدوي، فيوجدان في الأذن. تستقبل جميع الثدييات الأصوات عن طريق سلسلة من العظام تعرف بعظيمات الأذن تنقل الصوت بين غشاء طبلة الأذن والأذن الداخلية المملوءة بسائل. يشكل **عظم المطرقة** malleus أول هذه السلسلة من العظيمات، وهو مزود بنتوء كبير منتفخ في الخفافيش التي تعتمد على الرصد الصدوي يساعد على التحكّم في اهتزازه. ولدى مرور الأصوات عبر عظيمات الأذن، فإنّها تنتقل إلى الأذن الداخلية حيث تصطدم بعضو حلزوني ممتلئ يعرف **بالقوقعة** cochlea (وهي كلمة لاتينية بالمعنى نفسه) تحوي خلايا عصبية متخصصة مسؤولة عن استقبال الأصوات. والقوقعة في الخفافيش التي تعتمد على الرصد الصدوي تكون أكبر حجما بالنسبة إلى سائر مكونات الجمجمة، مقارنة بالثدييات الأخرى، وهذا ما يجعلها أكثر قدرة على الإحساس بالأصوات العالية التردّد وعلى التمييز بين الترددات المختلفة لهذه الأصوات.

أيّهما سبق الآخر؟(*)

إنّ الكشف الذي تم قبل أكثر من 60 سنة حول إمكانية معظم خفافيش العالم أن «ترى بالصوت» أوضَحت أن «الرصد الصدوي» قد أسهم إسهاما كبيرا في تنوع الخفافيش وفي النجاح التطوري الكبير لها. ولكن، أي من التكيّفين الرئيسيين ـ «الطيران» و«الرصد الصدوي» ـ سبق الآخر؟ وكيف ولماذا نشأ كل منهما؟ فقد ظهرت مع حلول التسعينات من القرن الماضي ثلاث نظريات متنافسة.

يعتقد الافتراض الذي ينادي بـ«ظهور الطيران أولا» أنّ أسلاف الخفافيش طوّرت الطيران الناشط كوسيلة لتحسين القدرة على التحرك وتقليل الزمن والطاقة اللازمين للبحث عن الطعام. وتبعا لهذا السيناريو، تطوّر «الرصد الصدوي» لاحقا لكي يجعل من السهل على الخفافيش الأولى أن تتبين وتتتبع الفرائس التي تتعقبها، بالفعل، أثناء الطيران.

وعلى العكس من ذلك، تفترض فكرة «الرصد الصدوي أولا» أنّ الخفاشيات الأولية التي تطير طيرانا شراعيا قد قامت باصطياد فرائسها الهوائية من مكامنها في الأشجار باستخدام «الرصد

(*) Which Came First?

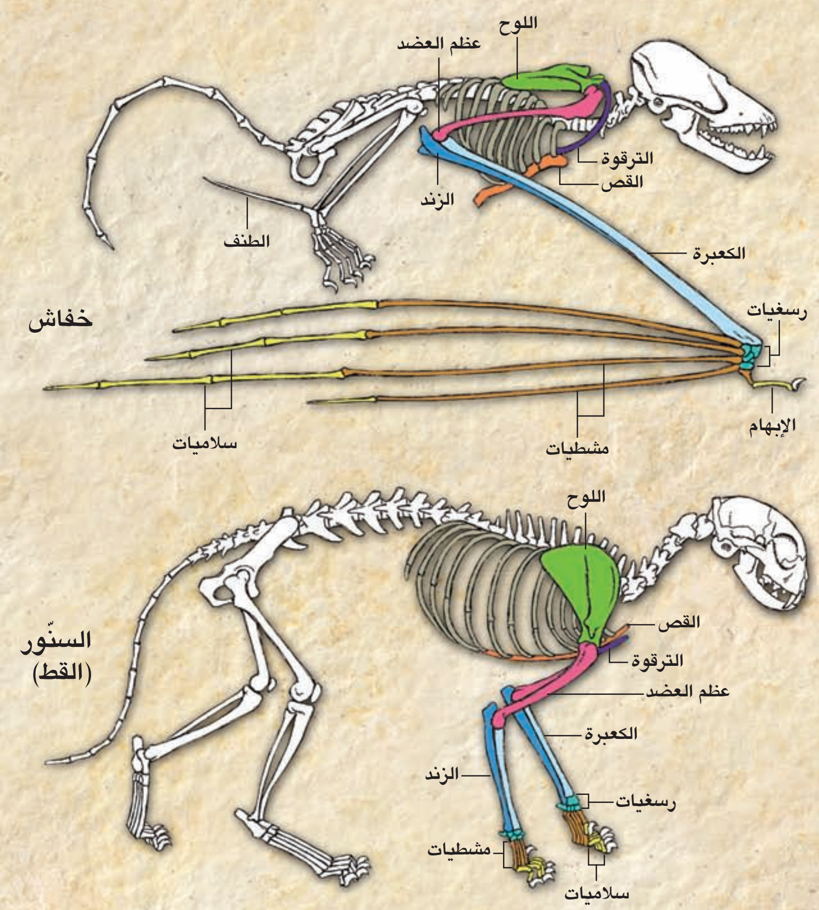


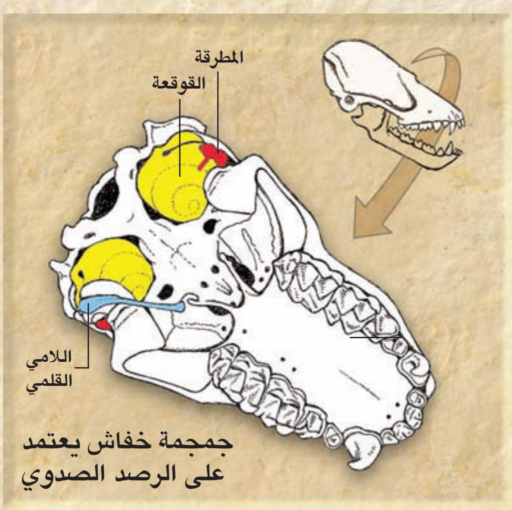
انتصار مجنّح: تسيطر الخفافيش على سماء الليل؛ بفضل قدرتها على الطيران.

[أساسيات التشريح]

تحول ثدييّ (*)

يعدّ نشوء الخفافيش عن الثدييات التي تعيش على الأرض من بين أعظم التحولات التطورية. ومعظم التحولات في الهيكل العظمي للخفافيش تتعلّق بعملية الطيران (العظام الملوّنة). ولكن تغيّرت أيضا ثلاثة عظام في الحلق والأذن، وهي العظم اللامي القلمي stylohyal وعظم المطرقة **malleus** وعظم القوقعة **cochlea، حيث تمددت بطريقة سمحت بنشوء الرصد الصدوي** [*انظر الشكل المؤطر*].





جمجمة خفاش يعتمد على الرصد الصدوي

الصدوي» الذي تطوّر ليساعدها على تعقّب طرائدها من مسافة بعيدة. أما طيرانها الناشط، فقد تطوّر فيما بعد ليزيد قدرتها على المناورة ويُيَسِّرَ عودتها إلى مكمن الصيد.

أما افتراض التطوّر المزدوج، فيرى من ناحيته أن الطيران والرصد الصدوي قد تطورا في وقت واحد. وقد ارتكزت هذه الفكرة على دليل تجريبي يُظهر أنّ إصدار الخفافيش لصيحات الرصد الصدوي وهي مستقرة في أماكنها يكلفها قدرا كبيرا من الطاقة، بينما لا يكلفها ذلك شيئا أثناء الطيران؛ بسبب أنّ انقباض عضلات الطيران يساعد على ملء الرئتين بالهواء؛ مولدا دفعات الهواء اللازمة لإصدار أصوات حادة عالية التردد.

والوسيلة الوحيدة لاختبار هذه الفرضيات حول نشأة الطيران والرصد الصدوي تتمثل بتحديد مواقع الصفات المرتبطة بهما ـ الأجنحة وعظيمات **القواقع** cochleas المتضخمة مثلا ـ على شجرة نَسَب الخفافيش لتحديد النقطة التي نشأ عنها كل منها. وخلال التسعينات من القرن الماضي لم يكن لدينا، ببساطة، أية حفريات للخفافيش تتضمّن بعضا من هذه الصفات الإرشادية.

إنّ أحافير الخفافيش نادرة جدا، ذلك أنّ الخفافيش القديمة كانت، مثل مثيلاتها الحالية، صغيرة ورقيقة، وكانت تميل إلى الحياة في البيئات المدارية، حيث تتم عمليات التحلل بسرعة كبيرة. والطريقة الوحيدة، تقريبا، التي يمكن للخفاش عن طريقها أن يترك أحفورة له هي أن يموت في مكان تتم فيه تغطيته بسرعة بالرواسب التي تحميه من المترممات والمحللات.

وحتى عهد قريب، كان أقدم الخفافيش وأكثرها بدائية في السجل الأحفوري هو الخفاش ***إيكارونيكتيريس إندكس*** *Icaronycteris index* الذي يقدر عمره بنحو 52.5 مليون سنة، وسمي باسم صبي الأسطورة الإغريقية الذي حلّق إلى مسافة قريبة جدا من الشمس. وقد اكتُشِفَ الخفاش *إيكارونيكتيريس* في الستينات من القرنِ الماضي في رواسب بحيرية كانت موجودة ضمن تشكيل «گرين ريڤر» المشهور في ولاية وايومنگ، حيث قامت صخور الأحجار الطينية والأحجار الجيرية الناعمة الحبيبات بحفظ أحافير من الأسماك والنباتات والحشرات والتماسيح والطيور حفظا جيدا.

وطوال الأربعة العقود التالية لاكتشافه، شَكّل الخفاش *إيكارونيكتيريس* الأساس لفهم المرحلة المبكرة لتطوّر الخفافيش. ومع ذلك، ربّما يكون الشيء

(*) Mammal Makeover

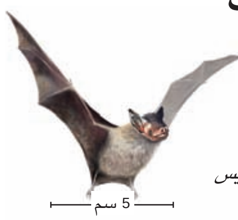
المؤلفة



Nancy B. Simmons

*أستاذ كرسي بشعبة علم الحيوانات الفقرية والأمينة المسؤولة عن قسم الثدييات في المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي بمدينة نيويورك. يتركّز بحثها على فهم نشوء الخفافيش وتنوّعها. تتخصّص <سيمونز> بدراسة هياكل الخفافيش الأحفورية والمعاصرة، وقامت بإجراء أبحاث حقلية مستفيضة في الغابات المطيرة بأمريكا الجنوبية. وتستخدم المؤلفة أيضا **تسلسلات الدنا** DNA لتوضيح العلاقات بين أنواع الخفافيش.*

الخفافيش القياسية الصفات(*)

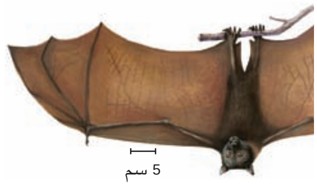


أصغرها

يزن الخفاش *كراسيونيكتيريس ثونكلونكياي* *Craseonycteris thonglongyai*، المعروف باسم الخفّاش الطنّان، حوالي 2 غرام.

أكبرها

يبلغ عرض الجناحين عند بسطهما في النوع المعروف باسم *تيروبوس ڤامبيروس* *Pteropus vampyrus*، وهو خفاش كبير آكل للفاكهة (ثعلب طائر)، مترين تقريبا.



أعلاها صوتا

يطلق الخفاش *نوكتيليو ليبورينوس* *Noctilio leporinus*، المعروف باسم خفاش البولدوگ الكبير، صرخات عالية التردد تصل شدتها إلى أكثر من 140 ديسيبل decibel أعلى 100 مرة من صوت فرقة لموسيقى الروك.

أكثرها تجمعا

يعيش الخفاش *تاداريدا برازيليانسيز* *Tadarida brasiliensis*، المعروف باسم الخفّاش المكسيكي الحر الذيل في مستعمرات قد يصل عدد أفرادها إلى المليون. ويؤوي كهف «براكين» الموجود على مقربة من سان أنطونيو بولاية تكساس 20 مليونا من هذه المخلوقات - وهي أكبر مستعمرة معروفة.

أطولها لسانا

يصل طول لسان الخفاش *أنورا فيستيولاتا* *Anoura Fistulata* المعروف بالخفاش الرحيق الأنبوبي الشفتين إلى 8.5 سم، ويمثل 150% من طول جسمه. ويتغذّى هذا الخفّاش برحيق زهرة أنبوبية تدعى *سنتروپوگون نيگريكانز* *Centropogon nigricans*، وهو ملقحها الوحيد المعروف.



الأكثر لفتا للنظر في الخفاش *إيكارونيكتيريس*، ومن غير المتوقع، هو مقدار تشابه هذا المخلوق القديم تماما مع الخفافيش الحالية. يَدُلُّ شكل أسنانه على أنّه قد تغذى بالحشرات مثل معظم الخفافيش الحالية. كما أنّ نِسَبَ أطرافه بالمثل تشبه ما هي عليه اليوم، فالأصابع طويلة ورفيعة، والساعدان مستطيلان والطرفان الخلفيان قصيران. ويظهر اللوحان (عظما الكتف) والقص (عظم الصدر) وعظام القفص الصدري قدرة تامة على الطيران. وقد أظهر هذا الخفاش الصفات التشريحية اللازمة للرصد الصدوي.

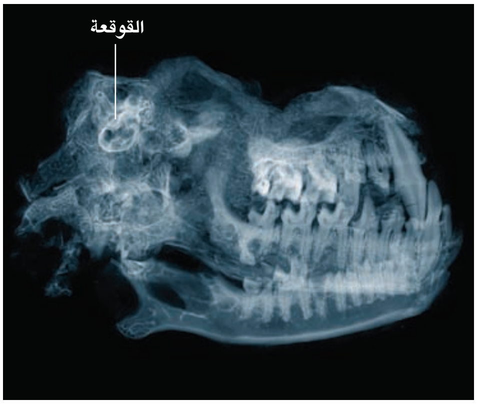
لو كان الخفاش *إيكارونيكتيريس* لا يزال يعيش في الوقت الحاضر، لأصبح من الصعب في الواقع تمييزه من الخفافيش الأخرى. وأكثر السمات التي تميّزه هي مخلب دقيق على إصبع السبابة (سمي هذا النوع index نسبة إلى اسم هذه الإصبع في اللغة الإنجليزية). إن معظم الخفافيش تحمل مخلبا واحدا فقط على الإبهام. ومع مرور الزمن، اختزلت نهايات الأصابع الأربع الأخرى إلى عِصيٍّ مرنة رقيقة يحتويها غشاء الجناح بصورة كاملة. ويبدو أنّ مخلب سبّابة هذا الخفاش هو إرث ورثه من أسلافه سكان اليابسة.

ملء الفجوة(**)

وبالنظر إلى ما حدث في الماضي، لم يكن الخفاش *إيكارونيكتيريس* أبدا «حلقة مفقودة» ذات أهمية. ولكن أحفورة أخرى لخفاش من تشكيل «گرين ريڤر» ستثبت أنها تستحق هذا الوصف بجدارة. لنبدأ بالحديث عن الخفاش ***أونيكونيكتيريس*** Onychonycteris. إنّ العينتين المعروفتين واللتين عثر عليهما هواةُ جمع الحفريات في السنوات العشر الأخيرة وجعلوهما متاحتين للدراسة العلمية فيما بعد، قد اكتُشفتا في الطبقة الصخرية نفسها التي اكتشف فيها الخفاش *إيكارونيكتيريس*، ومن ثَمّ اعتبر النوعان لهذا متماثلين بالقدم. ومع ذلك، يجمع الخفاش «*أونيكونيكتيريس*» خليطا بين سمات قديمة وحديثة وهذا ما يجعله مخلوقا انتقاليا مثاليا كان علماء التطور يتوقون إليه.

وقد كنت سعيدة تماما بقيادتي الفريق الذي وصف وسمّى النوع *أونيكونيكتيريس فينياي*. فقد اخترنا *أونيكونيكتيريس* ليكون اسما للجنس الذي يعني «الخفاش ذو المخالب» بسبب أنّ الأحفورة تبدي مخالب على الأصابع الخمس تماما مثلما تبديه أسلافها التي كانت تعيش على الأرض. إنّ وجود هذه المخالب الخمسة هو الصفة الوحيدة في الخفاش *أونيكونيكتيريس* التي تذكرنا بالثدييات غير الطائرة. تتمتّع معظم الخفافيش بسواعد طويلة جدا وأطراف خلفية

إطلالة من الداخل على جمجمة الخفّاش الأحفوري هاسيانيكتيريس Hassianycteris كما بيّنها التصوير بأشعة -X عالية الميز، فهي تُظهر أنّ عظم الأذن المعروف باسم القوقعة متضخمة - وهي دلالة على تمكّن هذا الحيوان من تحديد الموقع باستخدام صدى الصوت. وقد تساءل الباحثون لمدة طويلة عَمّا إذا طورت الخفافيش الرصد الصدوي قبل الطيران أم بعده. ولكن جميع أحافير الخفافيش المعروفة قبل عام 2008 تتمتّع، مثل أحافير الخفاش هاسيانيكتيريس، بوجود كلتا المهارتين.



صغيرة. ومع ذلك، فإنّ الخفاش *أونيكونيكتيريس* كانت له سواعد أقصر نسبيا وأطراف خلفية أطول نسبيا من مثيلاتها في الخفافيش الأخرى. ومقارنة بالثدييات الأخرى، فإنّ نِسَبَ الأطراف في الخفاش *أونيكونيكتيريس* تقع في الوسط بين نسبها في جميع الخفافيش المعروفة من قبل (بما في ذلك الخفاش *إيكارونيكتيريس*) ونِسَبها في الثدييات الشجرية التي تعتمد اعتمادا كبيرا على أطرافها الأمامية في الحركة، مثل الحيوانات **الكسولة** sloths و**الجيبون** gibbons. فهذه الحيوانات تتدلّى من الأغصان معظم الوقت أثناء تسلّقها الأشجار. فربما تطورت الخفافيش من أسلاف شجرية استخدمت نمطا مماثلا من الحركة.

وعلى الرغم من هذه الصفات البدائية للأطراف، تشير مظاهر أخرى في تشريح الخفاش *أونيكونيكتيريس* إلى أنّه كان قادرا على الطيران الناشط. فأصابعه الطويلة كانت ستدعم أغشية الجناح، وعظما الترقوة القويان كانا سيساعدان على تثبيت الطرفين الأماميين بالجسم. وفي الوقت نفسه، فإن القفص الصدري المتسع وعظم القص ذا العرف كانا سيقدمان الدعم لعضلات الطيران الضخمة، كما أن عظم اللوح ذا السطيحات كان سيتيح الفرصة لوجود عضلات أخرى مرتبطة بالطيران.

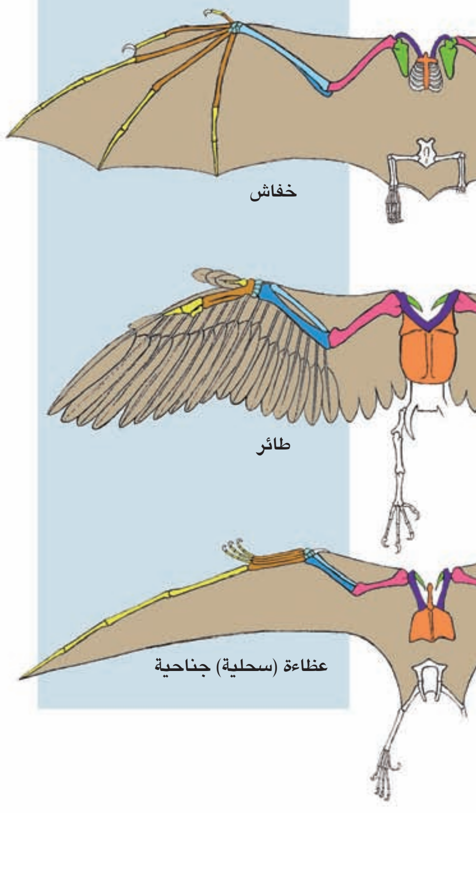
وثمة دلالات إضافية تفسر لنا كيفية تنقّل الخفاش *أونيكونيكتيريس*، وهي تأتي من نسب عظام ذراعيه وأصابعه التي تبين أن جناحي هذا الخفاش كانا قصيرين وعريضين، وأطرافهما كانت

EXTREME BATS (*)
Filling the Gap (**)

لم يكن للخفافيش إلا قلة تنافسها على الموارد الغنية في الليالي الإيوسينية.

الحيوانات الطائرة الشائعة[*]

نشأ الطيران بين الحيوانات الفقرية بصورة مستقلة في ثلاث مجموعات منفصلة: الخفافيش والطيور والعظاءات (السحالي) الجناحية[1] pterosaurs. ومع أنّ أجنحة هذه الحيوانات متشابهة ظاهريا، فإن أجنحة الحيوانات يتميز بعضها عن بعض من الناحية التركيبية. وفي الخفافيش يشكّل الساعد المستطيل والأصابع من الثانية حتى الخامسة العناصر الأساسية للجناح. أمّا جناح الطائر، فعلى العكس من ذلك، فتدعمه غالبا عظام الساعد واليد. ويستند جناح العظاءة الجناحية بصورة رئيسية إلى عظام اليد والإصبع الرابعة.



صغيرة نسبيا. ومن بين الخفافيش الحالية لا توجد سوى خفافيش ذيل الفأر التي لها أجنحة قصيرة وعريضة مشابهة. ولهذه الخفافيش أسلوب غير معتاد في الطيران هو أسلوب الطيران الشراعي - المرفرف، وهو يشتمل على فترات طيران شراعي قصيرة تتخلل فترات طيران الرفرفة. ولعل أفضل ما وصل إليه تقديرنا هو أنّ الخفاش *أونيكونيكتيريس* قد حلّق بالطريقة نفسها. ومن المحتمل أن الطيران الشراعي - المرفرف كان حالة انتقالية في الحركة بين الطيران الشراعي لدى أسلاف الخفافيش المبكرة وبين طيران الرفرفة المستمرة لدى معظم الخفافيش الحالية.

بعد توضيح كيفية طيران الخفافيش المبكرة، قدّم لنا الخفاش *أونيكونيكتيريس* بعض الأدلة التي نحتاج إليها لحسم الجدل الدائر حول الزمن الذي نشأ فيه كل من الطيران والرصد الصدوي. وبخلاف الخفافيش الأخرى المعروفة والتي يعود تاريخها إلى حقبة «**الإيوسين**» Eocene، وهي الحقبة التي تقع بين 55.8 مليون سنة إلى 33.5 مليون سنة مضت، يبدو أنّ الخفاش *أونيكونيكتيريس* قد افتقر إلى جميع الصفات العظمية الثلاث المرتبطة بالرصد الصدوي. فقوقعته صغيرة، والبروز الموجود على عظم المطرقة صغير نسبيا أيضا، ونهاية اللامي القلمي غير عريضة. ومع ذلك، تشير صفات أطرافه وقفصه الصدري بوضوح إلى قدرته على الطيران. ولذلك يبدو أنّ الخفاش *أونيكونيكتيريس* يمثّل مرحلة في تطوّر الخفافيش المبكرة بعد أن صار لديها القدرة على الطيران، ولكن قبل أن يتطوّر الرصد الصدوي. وقد أعطتنا الأحافير في النهاية الجواب: الطيران أولا، والرصد الصدوي ثانيا.

تنوّع قديم[**]

أعد ظهور الطيران والرصد الصدوي المسرح لمرحلة تشعع الخفافيش التكيّفي المدهش. فمن المعروف أنّ مثل هذه الفترات السريعة من التنوّع تحدث بعد تكيّف خارق. وقد صُنِّفت الخفافيش التي تعيش اليوم إلى 19 فصيلة؛ وتشكّل الخفافيش الأحفورية سبع فصائل إضافية. وعلى نحو لافت للنظر، تشير الدراسات **المعايرة زمنيا** time-calibrated لتسلسلات **الدنا** DNA من الجينات المتعدّدة إلى أنّ جميع الفصائل (26 فصيلة) كانت موجودة في نهاية حقبة الإيوسين. فهذه الطفرة الكبيرة في التنوع لم تكن سابقة في تاريخ الثدييات.

ومع ذلك، لم يكن الطيران والرصد الصدوي العاملين الأوحدين المؤديين إلى هذا التشعع. إن نشأة هذه المجموعات الرئيسية من الخفافيش قد



حلقة مفقودة: يملأ الخفاش *أونيكونيكتيريس فينياي* *Onychonycteris finneyi* المكتشف حديثا - والأكثر بدائية في السجل الأحفوري - الفجوة بين الخفافيش الحالية والثدييات الأرضية. فهناك صفات مثل الأصابع البالغة الاستطالة وشكل القفص الصدري وعظم الكتف تبين أنّه كان قادرا على الطيران الناشط. ومع ذلك، لا يزال يُبقي على رجلين خلفيتين طويلتين نسبيا وعلى المخالب في جميع أصابعه الخمس - وهي صفات موروثة من سلف أرضي. يفتقر الخفاش *أونيكونيكتيريس* *Onychonycteris* أيضا إلى السمات الدالة على وجود الرصد الصدوي، وهذا يبين أن الطيران قد نشأ قبل الرصد الصدوي.

تزامنت بوضوح مع ارتفاع في متوسط درجات الحرارة السنوية، وزيادة مهمة في تنوّع النباتات وقمة التنوع في الحشرات. فجميع الخنافس السريعة الطيران و**ذباب البردى** caddis flies والصراصير والفراشات الصغيرة المرفرفة ستشكل مائدة حقيقية من الحشرات يستطيع أن يختار منها المفترس الطائر ما يشاء. وبما أن الخفافيش هي المفترسات الليلية الطائرة الوحيدة، باستثناء البوم وطائر **السُّبَد** nightjars، فلم يكن هناك إلاّ القليل من المنافسين على الموارد الغنية في ليالي الإيوسين.

وتعطينا الأحافير التي عثر عليها في موقع

(*) FREQUENT FLIERS
(**) Ancient Diversity

(١) تتبع العظاءات الجناحية طائفة الزواحف حيث كانت تعيش قبل 120 - 150 مليون سنة، وهي منقرضة الآن. ولم يكن معظمها قادرا على طيران الرفرفة مثل الطيور والخفافيش التي نعرفها اليوم. وقد بلغ عرض الأجنحة وهي منبسطة في أحد أنواع العظاءات 8 أمتار، ولكنها كانت خفيفة الوزن؛ إذ بلغ عرض الأجنحة في نوع آخر منها 15.5 متر.

«ميسيل» Messel بألمانيا لمحة عن هذا التنوّع المبكّر. فعلى الرغم من أنّ هذه الأحافير التي يقدر عمرها بـ47 مليون سنة هي أصغر قليلا من الخفافيش التي عثر عليها في تشكيل «گرين ريڤر»، فإنها أكثر تنوّعا بكثير. فقد عثر على سبعة أنواع من الخفافيش في موقع «ميسيل»، منذ أن بدأ التنقيب العلمي هناك في السبعينات من القرن الماضي وهي تشتمل على: نوعين ينتميان إلى الجنس *أركيونيكتيريس* *Archaeonycteris*، ونوعين ينتميان إلى الجنس ***پاليوكيروپتيريكس*** *Palaeochiropteryx*، ونوعين ينتميان إلى الجنس ***هاسيانيكتيريس*** *Hassianycteris*، وأخيرا النوع ***تاكيپترون فرانزيني*** *Tachypteron franzeni*، وهو النوع الأقدم المعروف في فصيلة الخفافيش المعروفة باسم **غمدية الذيل**(1) Emballonuridae والتي لاتزال تعيش حتى اليوم.

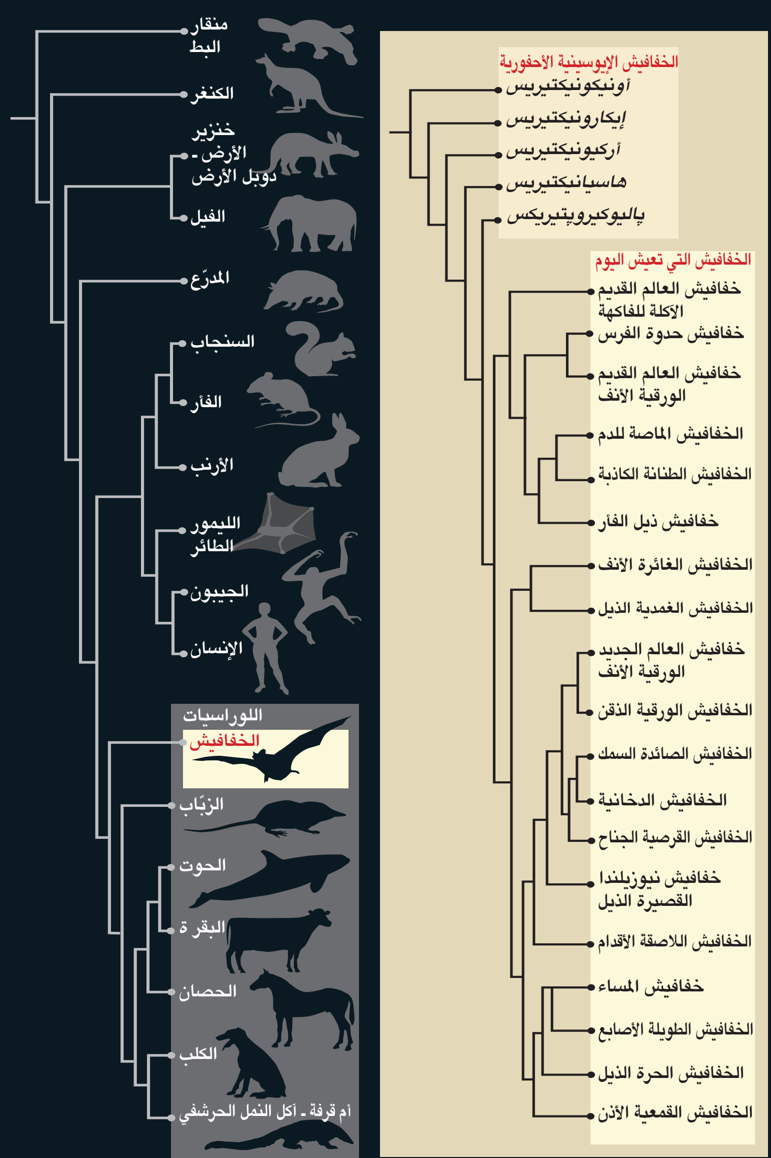
من السهل أن ندرك سبب ازدهار الخفافيش في موقع «ميسيل». فخلال حقبة الإيوسين كان مناخه معتدلا، وكان موطنا لبحيرات متعدّدة محاطة بغابات تحت مدارية وفيرة الغذاء. ونستطيع أن نحكم من وفرة البقايا الأحفورية أن الآلاف من الحشرات الطائرة والمائية والأرضية كانت متاحة للافتراس. وهذا، في الواقع ما فعلته خفافيش موقع «ميسيل». فقد كانت جميعُ الأنواع السبعة آكلة للحشرات، ولكن كل نوع منها تخصّص بالتهام مجموعة معيّنة من الحشرات؛ وهذا ما دلّت عليه محتويات المَعِدَة المحفوظة في تلك الأنواع. فبينما كان الخفاش *پاليوكيروپتيريكس* يتغذى، على ما يبدو، بالفراشات الصغيرة وبذباب البردى، كان الخفاش *هاسيانيكتيريس* يفضّل بوضوح الفراشات الكبيرة والخنافس. ومن ناحية أخرى، فإن الخفاش *أركيونيكتيريس* ربما يكون قد تغذى بالخنافس فقط. وأمّا بالنسبة إلى الخفاش ***تاكيپيترون*** *Tachypteron*، فلا توجد محتويات محفوظة لمعدته. ومع ذلك، فنحن نعرف أنه كان آكلا للحشرات استنادا إلى شكل أسنانه.

ما الذي كان يتغذى به الخفاشان *أونيكونيكتيريس* و *إيكارونيكتيريس*؟ تنقصنا محتويات المَعِدَة للإجابة عن هذا السؤال بالتفصيل. ومع ذلك، تبقى الحشرات هي الاحتمال الأرجح استنادا إلى شكل الأسنان في هذه الخفافيش ووفرة أحافير الحشرات في صخور تشكيل «گرين ريڤر»، كما أن معظم الخفافيش في الوقت الحاضر تتغذى بالحشرات أيضا. وفي المراحل المتأخرة فقط من التاريخ التطوري لهذه المجموعة بدأت بعض الخفافيش تأكل اللحم والسمك والفواكه والرحيق وحبوب اللقاح حتى الدم.

[شجرة نسب فصيلة الخفافيش]

وضع الخفافيش في مواقعها(*)

اعتاد علماء الحياة الاعتقاد أنّ هناك علاقة نسبيّة كانت تربط الخفافيش بواحدة من مجموعتين: إما مجموعة الثدييات الصغيرة آكلة الحشرات والتي تتضمّن الزّبّابات **shrews والحيوانات القريبة منها، وإما مجموعة الرئيسيات والحيوانات القريبة منها ـ ومن بينها** الليمورات الطائرة **colugos. غير أنّ التحليلات الجينية الحديثة توصلت إلى استنتاج أنّ الخفافيش تنتمي، عوضا عن ذلك، إلى مجموعةٍ من الثدييات المعروفة باسم** اللوراسيات **Laurasiatheria التي تشمل حيوانات تعيش اليوم مثل الكلاب والحيتان والأبقار وبعض آكلات الحشرات. (وعلى الرغم من أنّ الزّبّابات هي أعضاء في هذه المجموعة، فإن قرابة الخفافيش لها لا تكون أكثر من قرابتها للأفراد الحية الأخرى من اللوراسيات). ومع ذلك، فإن أقرب أقرباء الخفافيش ربما** الحيوانات اللوراسية **laurasiatheres التي انقرضت. ولكي نكشف عن هذه الحيوانات؛ يحتاج الباحثون إلى أن ينقبوا عن أحافير أقرب إلى أصل الخفافيش من** أونيكونيكتيريس ***Onychonycteris***.



(*) Putting Bats in Their Place
(1) the sheath-tailed bats

تنوع من وقت لآخر[*]

تمثل الخفافيش التي تعيش اليوم مجموعة متعددة الأطياف، فهي تختلف اختلافا هائلا في أحجام أجسامها وأشكال أجنحتها وتكوين جماجمها وأنماط أسنانها. وتعكس هذه الاختلافات الظاهرية طبيعة طعامها المتنوع وطبيعة البيئات التي تبحث فيها عن غذائها.



تميل الخفافيش الآكلة للحشرات الممثّلة مثل *إيپتيسيكس فوسكس* ***Eptesicus fuscus*** إلى امتلاك بوز[1] طويل وأسنان ذات نتوءات حادة متداخلة لاختراق الفريسة وتقطيعها. ومع وجود أجنحة عريضة معتدلة الطول، تصبح هذه الخفافيش كائنات طائرة قوية وخفيفة الحركة.



يكون، عادة، النوع *ڤامپيروم سپكتروم* ***Vampyrum spectrum*** وغيره من الخفافيش الآكلة للحوم أكبر من أبناء عمومتها آكلة الحشرات، على الرغم من أنّ أسنانها متشابهة. ويمتلك معظمها أجنحة عريضة وقصيرة ملائمة للمناورة بقرب العوائق أثناء الصيد. والخفافيش الآكلة اللحوم واسعة الانتشار، ولكنها قليلة العدد حيث إنها مفترسات تقف على قمة السلسلة الغذائية.



غالبا ما تتمتّع الخفافيش الآكلة الثمار مثل النوع *إكتوفيلا ألبا* ***Ectophylla alba*** بوجوه أقصر وضروس أبسط في تركيبها من أبناء عمومتها آكلات اللحم والحشرات. ومع ذلك، فإنّها تحتفظ بأنياب كبيرة للإمساك بالثمار. ويتخصص الخفاش *إكتوفيلا* ذو الجسم الصغير والأجنحة القصيرة والعريضة بالتقاط الثمار الصغيرة في الطبقات السفلى من الغابة. ويمكن للون الخفاش الباهت أن يخفيه عن العيون عندما يجثم تحت الأوراق التي ينحتها باستخدام أسنانه الأمامية.



تتمتّع الخفافيش الماصة للدماء مثل هذا النوع: *ديزمودوس روتندس* ***Desmodus rotundus*** بأسنان تشبه الشفرات لإحداث جروح صغيرة في جلود فرائسها تلعق منها وجباتها من الدماء. وهذه الخفافيش الماصة للدماء من الحيوانات الطائرة الممتازة، ولكنّها تنفرد بين الخفافيش بامتلاكها أصابع إبهام طويلة وأطراف خلفية ممتلئة تساعدها على الاقتراب من ضحاياها غالبا وهي تمشي لا تطير.



تتمتّع الخفافيش التي تتغذّى بالرحيق - ومنها *كلوسّوفاكا سوريسينا* ***Glossophaga soricina*** - بأسنان بسيطة وبوز مستطيل يستطيع أن يصل إلى داخل الزهور. ويحوز الكثير منها ألسنة طويلة قابلة للامتداد مشابهة لألسنة الحيوانات الآكلة للنمل. وإضافة إلى ذلك، يملك بعضها حلمات متخصصة تشبه الفُرشاة على نهايات اللسان لاستخلاص الرحيق من قواعد الأزهار الأنبوبية. والكثير من خفافيش الرحيق صغيرة الحجم، ولها أجنحة قصيرة وقوية تستخدمها في الحومان.



التنوع الواضح في الخفافيش التي تعيش اليوم له جذور قديمة. إذ تكشف أحافير موقع «ميسيل» في وسط ألمانيا (*الخريطة المدرجة*) عن بدء تخصص الخفافيش قبل 47 مليون سنة مضت بالتغذي بأنواع معينة من الفرائس الحشرية. وإنّ حفظ محتويات معدة هذه الخفافيش في أحافير «ميسيل» لا يترك أدنى شك فيما كانت تأكله. أمّا السؤال المتعلق بالمكان الذي قامت فيه بالبحث عن غذائها فهو غير مؤكد، وإن كان حجم وشكل أجنحتها يشكلان أساسا للتخمين.



كان الخفاش *پاليوكيروپتيريكس* ***Palaeochiropteryx*** يتغذّى بالفراشات الصغيرة وبذباب البردى **caddis flies**. ومن المحتمل، مع وجود جسم صغير وأجنحة قصيرة، أنّ هذا الخفاش كان يفتّش عن غذائه على مقربة من سطح الأرض وبالقرب من النباتات، حتى إنه كان يتصيد فرائسه من الحشرات الجاثمة والطائرة وهو في حالة الطيران البطيء.



كانت ولائم الخفاش *أركيونيكتيريس* ***Archaeonycteris*** تزخر بالخنافس. ومن المحتمل أن هذا الخفاش القصير الجناحين كان يفتّش عن غذائه - مثل الخفاش *پاليوكيروپتيريكس* - قرب النباتات، وربما يكون قد تخصص بالتقاط فرائسه من على الأسطح أكثر من الإمساك بها وهي تطير في الهواء.



التهم الخفاش *هاسيانيكتيريس* ***Hassianycteris*** الفراشات الكبيرة والخنافس، وكان أكبر الخفافيش في موقع «ميسيل» حجما وله أجنحة ضيّقة، ومن المحتمل أنه كان يطير بسرعة ويصطاد في الأجواء المفتوحة بالقرب من البحيرات وفوق قمم أشجار الغابات.

(*) Variation Now and Then
(١) snouts

علاقات الخفافيش[*]

أثبتت الأحافير المكتشفة حتى الآن في موقع «ميسيل» وتشكيل «گرين ريڤر» أنها كانت حاسمة في مساعدة الباحثين على رسم خريطة لنشوء الخفافيش. ولاتزال تنقصنا الأحافير التي تجيب عن السؤال المتعلق بشكل العلاقة بين الخفافيش بالثدييات الأخرى. فالثدييات المشيمية والتي تعيش على الأشجار وتتحرك بالانزلاق والمعروفة باسم **الليمورات الطائرة** colugos تتشابه بدرجة كافية مع الخفافيش التي كان يعتقد لمدة طويلة أنّها أقارب وثيقة لها. ومع ذلك، قاد <S. M> سپرينگر [من جامعة كاليفورنيا، ريڤرسايد] وباحثون آخرون طوال الأربع عشرة سنة الماضية دراسات الدنا لعدد كبير من أنواع الثدييات، بيّنت أنّ الخفافيش ليست وثيقة القرابة لأي مجموعة من مجموعات الثدييات المشيمية التي تضم الحيوانات المتحركة بالانزلاق مثل الليمورات الطائرة و**السناجيب الطائرة** flying squirrels. (مع ذلك، تقدّم هذه المخلوقات نماذج مهمة لمعرفة كيف كان يبدو تركيب الأطراف في أسلاف الخفافيش).

وتضع هذه التحاليلُ الجينيةُ الخفافيشَ، ومن دون تردد، في مجموعة قديمة من الثدييات معروفة باسم **اللوراسيات** Laurasiatheria. وتشمل الأشكال الحديثة في هذه المجموعة حيوانات متنوعة مثل **آكلات اللحم** carnivores والثدييات ذات الحافر hoofed mammals و**الحيتان** whales و**آكلات النمل الحرشفية** scaly anteaters و**الزبّابات** shrews و**القنافذ** hedgehogs و**الخلد** moles. ومن المحتمل، مع ذلك، أنّ هذه اللوراسيات كانت في حجم الفأر أو السنجاب، وكانت تسير على أطرافها الأربعة وتأكل الحشرات. ويعتقد أن اللوراسيات قد نشأت في القارة العملاقة القديمة المسماة **لوراسيا** laurasia والتي كانت تضم قارات أمريكا الشمالية وأوروبا وآسيا المعروفة حاليا، في **العصر الطباشيري** cretaceous Period المتأخر، وذلك قبل حوالي 65-70 مليون سنة. ولا يُعرف على وجه اليقين الوضع الدقيق للخفافيش داخل هذه المجموعة، غير أنّ هناك درجة كبيرة من التغير التطوري تفصل الخفاش *أونيكونيكتيريس* والخفافيش الأخرى عن أسلافها التي تعيش على الأرض.

بعض هذا التغيّر، من كائن يعيش على الأرض إلى كائن يطير، ربما يكون قد حدث بسرعة تدعو إلى الدهشة، هذا وإن كانت المكتشفات الحديثة في مجال الوراثة التكوينية تصلح دليلا على ذلك. وعلى الرغم من أن أصابع الخفاش *أونيكونيكتيريس* قصيرة بمعايير الخفافيش، فإنها بالغة الاستطالة مقارنة بأصابع الثدييات الأخرى. إذن، كيف أمكن لهذه الاستطالة أن تنشأ؟

في عام 2006 نشرت <E. K.> سيرس [التي تعمل حاليا في جامعة إيلينوي] مع زملائها تقريرا في «**ثبت أكاديمية العلوم الوطنية في الولايات المتحدة الأمريكية**[1]» أوضحوا فيه أنّ مفتاح التغير يمكن أن يكون في نشاط **الجينات** genes التي تُنظّم نمو أصابع اليد واستطالتها أثناء عملية التكوين. فقد كشفت مقارنة أنماط النمو في كل من أجنة الخفاش والفأر عن اختلافات مهمة في توالد وسرعة نمو خلايا الغضاريف في الأصابع قيد النمو. يؤدي صنف من البروتينات يسمى «البروتينات المشكلة للعظام[2]» (BMPs) دورا مهما في تنظيم هذه العمليات، وفي تحديد الطول الذي تصل إليه الأصابع. إنّ أحد هذه البروتينات المسمى BMP2 يتم إنتاجه، بمستويات أعلى بكثير في أصابع الخفاش منها في أصابع الفأر، ويمكن أن يؤدّي التلاعب في الجينة التي تصنع هذا البروتين إلى تغيير طول الأصابع. إذن، فمن المحتمل أن يقف وراء كل من الاستطالة التكوينية والتطورية لأصابع الجناح في الخفاش تغيير بسيط في الجينات التي تتحكم في إنتاج البروتينات BMPs. وإذا كان الأمر كذلك، فإنّ ذلك يفسّر غياب المخلوقات الوسطية بين الثدييات القصيرة الأصابع التي لا تطير وكذلك الخفافيش الطويلة الأصابع مثل *أونيكونيكتيريس* و*إيكارونيكتيريس* من السجل الأحفوري: ومن المحتمل أنّ النقلة التطورية سريعة جدا، وربما كانت الأشكال الانتقالية موجودة بأعداد قليلة أو غير موجودة.

هذا، ولا يزال الغموض مستمرا على الرغم من كثرة المكتشفات الجديدة المتعلقة بظهور الخفافيش. فأسلاف الخفافيش لا بد أنها كانت موجودة قبل حقبة الإيوسين، ولكن لا يتوافر عنها أي سجل أحفوري. وبالمثل، فإن طبيعة الأقارب الأقربين للخفافيش لاتزال غير معروفة. ويتوق الباحثون إلى اكتشاف الزمن الذي تمايزت فيه للمرة الأولى مجموعة الخفافيش عن المجموعات الأخرى للوراسيات، ومعرفة مقدار تطوّر الخفافيش المبكرة وتنوعها والذي حدث لها في القارات الشمالية مقابل ما حدث لها في القارات الجنوبية. ولذلك، فإنّنا نحتاج إلى أحافير أكثر قربا إلى بداية الخفافيش من الخفاش *أونيكونيكتيريس*. سوف يساعد الحظ علماء الأحافير على العثور على مثل هذه العينات، وسوف يسهمون في حل هذه الألغاز وغيرها حول نشأة هذه الحيوانات المدهشة. ■

(*) Bat Relationships
(1) Proceedings of the National Academy of Sciences USA
(2) bone morphogenetic proteins

إن بعض التغير، من كائن يعيش على الأرض إلى كائن طائر، ربما يكون قد حدث بسرعة وبصورة تدعو إلى الدهشة

مراجع للاستزادة

Bats in Question: The Smithsonian Answer Book. Donald E. Wilson. Smithsonian Books, 1997.

The Biology of Bats. Gerhard Neuweiler. Oxford University Press, 2000.

A Molecular Phylogeny for Bats Illuminates Biogeography and the Fossil Record. Emma C. Teeling et al. in *Science*, Vol. 307, pages 580–584; January 28, 2005.

Development of Bat Flight: Morphologic and Molecular Evolution of Bat Wing Digits. Karen E. Sears, Richard R. Behringer, John J. Rasweiler and Lee A. Niswander in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 103, No. 17, pages 6581–6586; April 25, 2006.

Primitive Early Eocene Bat from Wyoming and the Evolution of Flight and Echolocation. Nancy B. Simmons, Kevin L. Seymour, Jörg Habersetzer and Gregg F. Gunnell in *Nature*, Vol. 451, pages 818–821; February 14, 2008.

Animal Diversity Web: Order Chiroptera. **http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Chiroptera.html**

Scientific American, December 2008

مستقبل السيارات(*)



قادة صناعة السيارات يستشرفون آفاق المستقبل.

حوار أجراه <S. F. براون>

من أجل إلقاء نظرة خاطفة على ما ستكون عليه حال السيارات بعد عشرين سنة من الآن، أجرى المحرر المشارك <S. F. براون> حوارا جماعيا مع مديرين تنفيذيين لدى الشركات: جنرال موتورز وتيسلا موتورز وتويوتا؛ كما تحدث انفراديا إلى مدير أحد مشاريع **معهد أبحاث الطاقة الكهربائية** (EPRI)[1]. وقد توقع المشاركون في الحوار، الذين تم عرض ملاحظاتهم بصورة مختزلة، أن ينشأ المزيد من التواصل والقواسم المشتركة مابين السيارات ومجموعة من أنواع المركبات الأخرى. بعضها، على غرار سيارات تيسلا الرياضية، ستستمد طاقتها من حزمة بطاريات. وبعضها الآخر، على غرار سيارة تويوتا بريوس وشيڤي ڤلط 2010 ستكون ذات تصاميم هجينة تعتمد على المحركات الكهربائية ومحركات الاحتراق الداخلي الصغيرة في آن معا. والكثير من سيارات الغد الهجينة ستعمد إلى شحن البطاريات بصورة مباشرة من **موصِّل كهربائي** electric grid، وقد تغدو خلايا الوقود الهدروجيني حقيقة واقعية. ولكن، هذا مجرد غيض من فيض ما يتوقعه المشاركون في هذا الحوار. فتعالوا نقرأ.

(*) THE FUTURE OF CARS
(١) the Electric Power Research Institute

المشاركون



<D. L. بيرنز>
نائب الرئيس للأبحاث والتطوير والتخطيط الاستراتيجي، جنرال موتورز*



<B. راينيرت>
مدير عام مركبات التقانة المتطورة ومبيعات تويوتا موتورز، الولايات المتحدة الأمريكية



<M. S. دوڤال>
مدير المواصلات الكهربائية وتخزين الطاقة، معهد أبحاث الطاقة الكهربائية (EPRI)



<JB. ستراوبل>
كبير مسؤولي الشؤون الفنية، تيسلا موتورز

** تقاعد بيرنز في الشهر 2009/10 عقب مشاركته في الحوار المدرج هنا.*

مفاهيم مفتاحية

- سيستخدم أسطول سيارات عام 2030 مزيجا متنوعا من أنواع الوقود وأشكال الطاقة المختلفة، وستُخَصص بعض السيارات للرحلات القصيرة والقيادة داخل المدن.
- مع مرور السنوات، ستصبح المركبات متصلة أكثر فأكثر بعضها ببعض إلكترونيا لمنع حوادث الاصطدام ولتأمين عملية الاتصال والتشبيك الاجتماعي. وسوف يكون موضوع تشتت انتباه السائق موضع اهتمام بصورة مطردة.
- يبقى السؤال مفتوحا: ما إذا كانت السيارات التي تعمل بخلايا وقود الهدروجين ستغدو شائعة في غضون 20 عاما.

محررو ساينتفيك أمريكان

ساينتفيك أمريكان (SA): دعنا نبدأ بالحديث عن أنواع وقود المواصلات التي يتوقع أن نشهدها في السنوات القادمة وصولا إلى عام 2030.

<راينيرت>: أعتقد أنه إذا ما بقيت أسعار البنزين متدنية إلى حد ما حتى نهاية منتصف العقد القادم؛ فإن السيارات التي تعمل بمحركات الاحتراق الداخلي ستبقى تشكل الغالبية العظمى والعدد الأكبر من أسطول السيارات، وذلك على الأقل خلال السنوات الخمس وربما السنوات العشر القادمة. وسوف نشهد نواقل حركة أوتوماتيكية ذات ست إلى ثماني سرعات متغيرة باستمرار، **ومزلقاتٍ مستوياتُ تناقُصِها منخفضة** low-loss lubricants وربما **ذات محَامل خزفية** ceramic bearings لتقليص الاحتكاك. وثمة العديد من الأشياء قيد التطوير على المدى القريب والمتوسط والتي من شأنها فعليا إحداث تحسينات جوهرية على طريقة أداء محرك الاحتراق الداخلي.

ومع ذلك، إذا ما استشرفنا الفترة ما بين 2025 إلى 2020، فإننا سنرى محركي البنزين والديزل يتطوران بصورة متزامنة ومتواصلة بحيث تصبح أوجه التشابه بينهما كبيرة للغاية. وسوف نشهد اختفاء **الإيثانول** ethanol، وهو ما ينبغي أن يحصل كما أعتقد. غير أنه سيجري الاستعاضة عنه بالبنزين البيولوجي وجيل ثان وثالث من أنواع الوقود البيولوجي المتوائمة مع السيارات الأقدم. وسوف تستخدم الكتلة البيولوجية، المستخرجة على الأرجح من **الطحالب (الأشنيات)** algae، وربما من الفضلات الصلبة للبلديات، في إنتاج بنزين وديزل اصطناعيين.

ومع حلول هذا الوقت، قد نشهد بطارية مطورة تكون بديلا **لتقانة الليثيوم** lithium technology التي تتيح تشغيل سيارات كهربائية بالكامل وغير هجينة. ولكنها مع ذلك، ستكون محدودة التداول وموجهة إلى شريحة معينة من السوق. وأعتقد أننا ربما نشهد بداية دخول **هدروجين منخفض الكربون**[1] low-carbon hydrogen تم تطويره لتوفير خلايا الوقود. وهكذا، سوف نشهد دخول مركبات البطارية الكهربائية على نطاق ضيق إلى سوق ستأخذ طريقها إلى التوسع أكثر في السنوات اللاحقة. والسيارات الهجينة التي تعمل عن طريق إعادة شحن البطارية والسلسلة الموسعة من السيارات الهجينة، سوف تشكل شريحة (مجموعة جزئية) من السوق. كما سيكون هناك الكثير من السيارات الهجينة ذات محرك احتراق داخلي، وعندئذ تبدأ خلايا الوقود بدخول الأسواق.

وفي عام 2030، سيكون لدينا بَعدُ سيارات تعمل بمحرك احتراق داخلي وهجينة بشدة، وربما مركبات كهربائية مطورة وأخرى صغيرة في الوقت الذي ستبدأ فيه خلايا الوقود بشق طريقها إلى السوق.

SA: تنطلق الاتصالات اللاسلكية بقفزات مذهلة من حولنا. كيف يمكن لها أن تؤثر في المركبات؟

<بيرنز>: لاشك في أن المركبات المرتبطة بعضها ضمن شبكة واحدة تعتبر هي الأخرى تقانة تحولية مهمة. والحقيقة أننا قد بدأنا الآن باستخدام مركبات بمقدورها أن يتواصل بعضها مع بعض. ولدينا الفرصة لجعل المزيد والمزيد من مهمة القيادة تجري بصورة ذاتية من قبل المركبة. إن خططنا المستقبلية من أجل جميع التقانات المساندة للمركبات التي تُساق ذاتيا، والمركبات التي لاتتصادم، ستبرز معا إلى الوجود في غضون السنوات الخمس إلى العشر القادمة.

<راينيرت>: أود التحدث عن كيفية تأثير التواصل بين المركبات في وضع مركبات المناطق الحضرية والمدن. وفي اعتقادي إن أهمية المسألة لاتقتصر على عملية الاتصال بين مركبة وأخرى في إطار تنظيم حركة السيارات لتخفيف الاختناقات المرورية، فهي مهمة أيضا من ناحية التشبيك الاجتماعي مع توافد أجيال الألفية الجديدة، الذين باتوا على الدوام مرتبطين بشبكات المعلومات الإلكترونية. وستكون هناك شبكات تغطية حاسوبية تواكب الناس في كل مكان. ولن تكون في الحالة هذه مرتبطا بحاسوب بعد الآن، وستصير سيارتك جزءا من منصة حاسوبية.

<بيرنز>: أذكر أنني عندما بلغت سن الرشد، كانت نقطة التحول النوعي في حياتي هي سيارتي الأولى. أما بالنسبة إلى ابنتي (البالغة الثامنة عشرة من العمر)، فأعتقد أنها كانت أول هاتف نقال (خلوي) تمتلكه. وهي لديها اليوم الجهاز (آي فون) iPhone، وسيارة ساتورن ڤو Saturn Vue، وإذا ما سألتها عن أي من هذه الأشياء يمكنها التخلي عنه إذا كان لابد لها من ذلك، فأعتقد أنها ستتخلى عن السيارة قبل التفكير في التخلي عن شبكتها الاجتماعية المرتبطة بالجهاز آي فون. ولاشك في أن النقطة التي أثرتها بشأن التشبيك الاجتماعي تحظى بأهمية بالغة، وهي تعتبر قوة سلوكية جبارة. وحين يكون لديك هذا التوجه العام من قبل سائقين غير متمرسين يودون إرسال واستقبال رسائل هاتفية نصية، فأنت أمام معادلة مثيرة لقلق حقيقي. وكخبراء بالتقانة، أعتقد أن لدينا حلولا تتيح لهؤلاء السائقين الشباب الإمكانتين معا.

<راينيرت>: بالتأكيد. إذا لم يكن بمقدورنا تحويل هذه السيارات إلى أدوات اتصال وتشبيك اجتماعي على غرار الجهاز آي فون، فإننا سنخسر العملاء الأصغر سنا من ابنة <بيرنز>. فهؤلاء لن يرغبوا في

(١) غير مشتق من الغاز الطبيعي.

ركوب السيارات إذا كانوا سيفقدون التغطية الخاصة بشبكة اتصالاتهم الاجتماعية. وأعتقد أن شركات السيارات سيكون لديها عاجلا أو آجلا شركاء **توصيل وربط شبكي** connectivity partners لمساعدتها على تحقيق ذلك. كما أعتقد أن هذه الشراكات هي الشيء الجديد الذي سينبثق عن مجمل هذه الأمور.

SA: إن البطاريات عنصر أساسي للكثير من المركبات الحديثة التي يجري تطويرها حاليا. فهل هي من الجودة بما يكفي؟

<دوڤال>: على المدى القريب، نحن بلا ريب محقون في محاولتنا إطالة عمر البطارية إلى أقصى حد ممكن. وفي البداية، سيقوم مصنّعو السيارات بتوفير البطاريات بتكلفة مرتفعة بعض الشيء، لكن التكاليف ستنخفض لاحقا في حين ستزداد قدرة البطاريات. وقد سبق أن لمسنا ذلك في السيارات الهجينة، حيث أصبحت البطاريات الجديدة تمكنها من قطع أميال أكثر بالگالون الواحد.

<بيرنز>: ستجهز سيارة شيڤي ڤولت ببطارية 16 - كيلوواط ساعة، وسنستخدم نصف هذه الطاقة فقط لتشغيل السيارة. إننا سوف نتعلم ونكتشف، وهذا بالتأكيد سيمكننا من التطوير، غير أنه يتعين علينا أن ننطلق ونشرع في عملية التنفيذ.

وصناعتنا، في الأوقات العادية، تقوم بتصنيع 70 مليون سيارة وشاحنة سنويا. وهكذا، فإن أي حل نعتمده للبطارية لن يكون مجديا ما لم نقم بإنتاج عشرات ملايين الوحدات سنويا، وأعتقد أنه لايزال أمامنا شوط واسع لابد أن نجتازه قبل أن يتم حل مسألتي الديمومة العمرية والتكلفة بصورة كافية تتيح الانطلاق على هذا النطاق الواسع.

وإذا كان يتعين عليك كمُصنِّع أن تستبدل البطارية مرة أو مرتين في مركبة تصل دورة حياتها التشغيلية إلى 150 000 ميل، فأنت تواجه مشكلة. وأنا موقن فعليا أن بطاريات **الليثيوم- أيون** lithium-ion ستشهد تحسنا مستمرا، غير أنني أعتقد أننا سنكون بحاجة إلى اختراع واختراق من نوع ما في المعرفة التقنية يفضي بنا إلى تخفيض تكلفة الكيلو واط ساعة إلى المستويات التي نحتاج إليها.

وهنا، على وجه التحديد، نحن بحاجة إلى اختراقات تقنية في الكيمياء. فثمة فرق كبير بين استخدام هذه البطاريات في أجهزة التسجيل أو الهواتف النقالة (الخلوية) واستخدامها في المركبات، وذلك من حيث درجات الحرارة القصوى والمتطلبات المتغيرة للطاقة والحاجة إلى تبريد الخلايا والتحكم في حالة الشحن بانتظام وبوتيرة واحدة. وسوف يكون بمقدورنا اكتشاف ومعرفة الكثير من هذه المشكلات حالما نشرع في استخدام تطبيقات الجيل الأول من بطاريات الليثيوم - أيون.

<راينيرت>: ويمكن القول إن طول عمر البطارية سيحدد، إلى حد ما، مجالات استخدامها في المدى القريب. ولهذا، فإن شركة تويوتا، والمصنّعين الآخرين كما أفترض، سيتوخون الحذر الشديد حول إعادة استخدام البطاريات، وأنماط شحنها وحفظ الطاقة فيها واستنزافها عند تشغيلها. وكذلك حول الحجم الفعلي للبطارية، مع الأخذ في الاعتبار تكاليف كفالتها. والواقع أن بطاريات الليثيوم - أيون لاتزال غير متوفرة لتستخدم إلى 150 000 ميل كما هي الحال بالنسبة إلى محرك الاحتراق الداخلي. وهكذا، فإن هذه الاعتبارات ستحدّ من اختراق السيارات التي تعمل بالبطارية سواء الأسواق الملائمة لها، والمناطق الحضرية المزدحمة بالسيارات الهجينة الصغيرة البطاريات والتي تعتمد على الشحن المباشر من موصِّل كهربائي، أو ضمن نطاق السيارات البعيدة المجال والتي بطارياتها معتدلة الحجم.

<ستراوبل>: أود اقتراح طريقة أخرى للنظر في هذه المسألة تقوم على التفكير في التكلفة للميل الواحد. بمقدورنا التحدث عن الحد الأدنى من الديمومة التشغيلية المطلوبة، لكن الأمر يختلف بعض الشيء في حالة مجموعة البطاريات القابلة للتبديل. فعلينا أن نأخذ في الاعتبار تكلفة تشغيل المركبة في الميل الواحد، إلى جانب تكلفة تبديل مجموعة البطاريات في حالة وجودها. واستنادا إلى هذه المعايير أصبحنا أكثر دنوا في مقاربتنا لهذا الموضوع، وربما تخطينا العتبة في بعض الحالات، حيث يتضح أن تشغيل وامتلاك مركبة كهربائية هو فعليا أرخص من السيارة التي تعمل بالبنزين (الگازولين). وهذا لاينطبق بالضرورة على الحالة التي يكون فيها سعر گالون البنزين دولارين، لكنه ينطبق تماما على الحالة التي يصل فيها سعر الگالون إلى 3.50 أو 4 دولار أمريكي في معظم أنحاء أوروبا، ولاسيما إذا كان الأمر منطويا أيضا على حوافز سياسية أو لتخفيف الأعباء الضريبية.

<دوڤال>: ربما تكون الكثير من مؤسسات وشركات توليد الطاقة الكهربائية وتوزيعها، راغبة في المساعدة بتكاليف البنية التحتية لمنزلك نظرا لاهتمامها فعليا بعمليات الشحن خارج أوقات الذروة. وفي المقابل، قد تقوم أنت بالتسجيل في برنامج يُمكّن مركبتك من الشحن بشكل أساسي خارج أوقات الذروة؛ وهو مايعني فعليا أن مركبتك لن تقوم بالشحن خلال ساعات الخدمة الساخنة على امتداد العام، أي من الساعة 2 بعد الظهر إلى الساعة 9 مساءً.

SA: هل من الصائب عمليا استخدام مركبات كهربائية تعتمد الشحن المباشر من موصِّل كهربائي في التعبئة خلال أوقات الطلب المتدني على الشبكة؟

<دوڤال>: هنا يكمن اهتمام مؤسسات وشركات الطاقة الكهربائية. فعلى المدى القصير، نحن نتفق مع مصنّعي السيارات على ضرورة بلوغ أهداف معينة بالنسبة إلى المركبات، بما في ذلك بطاريات **مدة العمر** lifetime. وعندئذ، يمكننا أن نشرع في التحدث عن القيام بأشياء أخرى. وبالنسبة إلينا، فإن الشحن الذكي - حيث يمكن للسيارات الكهربائية جدولة إعادة الشحن الأقل تكلفة للبطارية - هو المهمة الأشد وطأة والأكثر تثبيطا للهمم في الوقت الحاضر.

أعتقد أننا سنشهد توجها من قبل مؤسسات وشركات الطاقة الكهربائية نحو ما يسمى بتسعيرة زمن الاستعمال بالنسبة إلى معظم زبائنهم - مما يعني أنك ستدفع أكثر مقابل الحمولات على منزلك في ساعات الذروة وأقل من ذلك في الليل. وهكذا، فإن شواحن المركبات ومجففات الملابس التي تتم برمجتها للعمل بصورة أوتوماتيكية في الساعة 3 صباحا، ستكلف أقل من تلك التي تعمل في أوقات الذروة. وإذا ما أراد مالكو المركبات بين

وإذا ما أراد مالكو المركبات بين حين وآخر الضغط على مفتاح «اشحن الآن»، فإنهم سيدفعون أكثر لمجرد قيامهم بذلك. غير أن سلوكهم المفترض ينبغي أن يكون الشحن خارج أوقات الذروة.

حين وآخر الضغط على مفتاح «اشحن الآن» ، فإنهم سيدفعون أكثر لمجرد قيامهم بذلك، غير أن سلوكهم في غياب ذلك يحتم عليهم أن يكون الشحن خارج أوقات الذروة.

SA: لقد سمعنا الكثير عن خلايا الوقود في العقد الماضي. كيف تبدو آفاقها المستقبلية اليوم؟

<دوڤال>: يمكنني القول إن أكبر التحديات فيما يخص خلايا الوقود ربما لا تكمن في المركبات بحد ذاتها وإنما في البنية التحتية اللازمة لتوفير الهدروجين. وفيما يتعلق بهذه النقطة، فإن بمقدورنا إما أن نصنع الهدروجين من إعادة تشكيل الخلايا الأحفورية أو نصنعه من الكهرباء عن طريق **التحليل الكهربائي للماء** electrolysis. وإذا كنا سنصنع الهدروجين من الكهرباء، فإن السيارات الكهربائية ستكون وسيلة أكثر كفاءة باستخدامها لهذه الطاقة؛ ناهيك عن أن تكلفة البنية التحتية ستكون أقل بكثير.

وتبعا لذلك، فإنني أعتقد أنه لو أننا كنا نعتزم تصميم شبكة الطاقة الأمريكية بكليتها مجددا اليوم، فإنه سيكون من الأسهل علينا تكوين دور للهدروجين، حيث يمكننا أن نضع في المكان الملائم بنية تحتية هدروجينية مثل تحليل كهربائي متطور. ولكن في الوقت الراهن، ما لم توفر مركبات الهدروجين قدرا هائلا من التغيير في الكفاءات، فسيكون من الصعوبة بمكان للكهرباء كوقود للنقل والمواصلات، أن تحقق الغلبة على صعيد الكفاءة. وهي ستأتي من المصادر نفسها كهدروجين.

<ستراوبل>: أعتقد بالتأكيد أن خلايا الوقود سيتعين عليها أن تخوض صراعا لتثبت جدواها ضمن أي إطار زمني. كما أعتقد أن الفيزياء المتعلقة بكفاءة الطاقة لهذه الخلايا ستكون إحدى المشكلات الأكثر تعقيدا وصعوبة للحل. وإني لا أنظر إلى خلايا الوقود باعتبارها الكأس المقدسة والحل المنتظر على المدى الطويل.

<راينيرت>: ولكن الشركات ديملر و جي إم و هوندا وتويوتا لديها حاليا خلايا وقود متطورة جدا، وفي المقام الأول تنتظر البنية التحتية الخاصة بخلايا الوقود، التي يتوقع لها أن تدخل حيز العمل بحلول عام 2025 تقريبا. وأعتقد أننا سنشهد أنماط استخدام مقطعة، وربما لن تحظى فكرة تمتع جميع السيارات بمدى 400 ميل بعد 10 سنوات على القدر نفسه من الأهمية الذي تحظى به لدى العملاء اليوم. وقد يكون كافيا توفير مدى مناسب لتمكينك من استخدام السيارة لمدة يوم واحد، إضافة إلى نصف يوم آخر على سبيل المثال، وأن تكون لديك خدمات مثل الخدمات التي توفرها الشركة Zipcars التي تتيح لك شراء الوقت المحدد الذي تحتاجه إلى استخدام السيارة وليس أكثر.

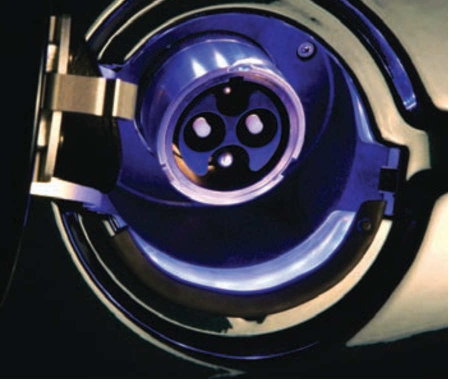
SA: إن كفاءة الوقود وانبعاثات العادم وعناصر السلامة والأمان في المركبات ينبغي لها جميعا أن تلبي وتتوافق مع معايير معينة. فما هي تصوراتكم بشأن النظم والتشريعات المستقبلية على هذا الصعيد؟

<ستراوبل>: نحن فعليا بحاجة إلى تركيز قراراتنا الخاصة بهذه السياسة المستقبلية في الجوانب التي لها بُعدٌ اقتصادي، وذلك من أجل المزيد من التوسع. وإذا قمنا بتطبيق سياسة لمدة عقدين من الزمن لتنفيذ أشياء ليست اقتصادية، فإن الأمر برمته لن يكون مجديا. وهذا لن يؤثر في أي من القضايا ذات الصلة بتخفيض ثنائي أكسيد الكربون أو سلامة الطاقة أو أي شيء آخر.

<بيرنز>: إن السبب الذي يدفعني إلى القلق بشأن محاولة تحديد الخيار الفائز، بالنسبة إلى مواصلات المستقبل، هو الذي يحفز صناع السياسة المستقبلية إلى استبعاد خيارات معينة، وفي رأيي لايزال من المبكر استبعاد أي من هذه الخيارات. وما أنجزناه من عمل حتى الآن كان مفيدا بالفعل، حيث إننا لم ننظر إلى الأمر على أنه مسألة إما هذا «أو» ذاك : أي إما البطاريات أو خلايا الوقود أو **الوقود البيولوجي** biofuel، وإنما نظرنا إلى الأمر على أنه مسألة هذا «و» ذاك. ما المانع إذا وضعناها جميعا قيد الاستعمال؟ سواء أكانت الكهرباء أم مختلف أنواع الطاقة المتجددة أم الهدروجين، فأي منها لا يستطيع بمفرده أن يحل محل كمية البترول وثنائي أكسيد الكربون التي نتحدث عنها. فلا تستبعدوا أيا من هذه الخيارات، ودعونا نضعها جميعا قيد الاستعمال وننظر إلى أين سيتجه العالم بوجودها جميعا.

إن التقانة برمتها لن يكون لها أي مغزى ما لم نصل بها إلى مستوى عال من حيث الحجم؛ لأنه لن يكون لك أية تأثيرات في الطاقة والبيئة والسلامة والاختناقات المرورية إذا اقتصر الأمر على بيع منتجات مخصصة للنخبة أو لشريحة معينة فقط. وقد اتضح لي أن الكثير من المُشرِّعين والسياسيين وسواهم عاكفون على الخوض في غمار هذا الجدل في الوقت الذي لا يمتلكون فيه أدنى فكرة حول مستلزمات تعميم التقانة تجاريا على نطاق واسع.

<دوڤال>: دعونا نَتَوخَّ الكثير من الحذر قبل أن نتبنى بدائل باهظة للغاية تسعى لتطوير تقانة ذات مقاس واحد يناسب الجميع. وعلينا تحاشي مقاربة الحل الخارق ـ فقد أثبتت دائما أن تكلفتها أكبر وفرص نجاحها أقل. ■



فتحة الشحن في سيارة تيسلا رودستر



خلايا الوقود والمكونات المرتبطة بها

مراجع للاستزادة

Hybrid Vehicles Gain Traction. Joseph J. Romm and Andrew A. Frank in *Scientific American*, Vol. 294, No. 4, pages 56–63; April 2006.

High Hopes for Hydrogen. Joan Ogden in *Scientific American*, Vol. 295, No. 3, pages 70–77; September 2006.

Driving toward Crashless Cars. Steven Ashley in *Scientific American*, Vol. 299, No. 6, pages 58–65; December 2008.

Electric Transportation 2009 Overview. Electric Power Research Institute (EPRI). Available online at **http://mydocs.epri.com/docs/Portfolio/PDF/2009_P018.pdf**

For a discussion of the GREET computer model that realistically compares different fuels and propulsion systems, see the Argonne National Laboratory Transportation Technology R&D Center: **www.transportation.anl.gov/modeling_simulation/GREET**

9002 rebmevoN ,naciremA cfiitneicS

شرك الاضطراب التالي للصدمة (PTSD)(*)

يؤكد عدد متزايد من الخبراء أن مفهوم «الاضطراب التالي للصدمة» PTSD هو نفسه مفهوم مضطرب، وتأتي شكوى الجنود ومعاناتهم كنتيجة لذلك.

<D. دُبس>

في عام 2006، وبعد قليل من عودة <M. ستيڤنز> [النقيب في الحرس الوطني الأمريكي] من خدمته العسكرية في مدينة الرمادي بالعراق التي شهدت أكثر فترات حرب العراق دموية، بدأ يواجه مشكلة الاضطراب PTSD. لم تكن مشكلة <ستيڤنز> أنه كان يعاني هذا الاضطراب، وإنما بدأت تراوده الشكوك حوله: فقد كانت الأعراض التي يشكو منها حقيقية بما فيه الكفاية، لكنه رأى أن التشخيص الذي أعطي له كان كثير التوسع بل خطرا على نحو مفرط.

كان <ستيڤنز> يقود الفريق الطبي المكلف بالعناية بفرقة مدرعة مكونة من 800 جندي، وكان فريقه يقوم يوميا بتقديم الإسعافات الأولية للجنود الأمريكيين والمواطنين العراقيين، وقد شاهد أثناء عمله حالات مرعبة. ولدى عودته إلى أمريكا كان يقول إنه نال نصيبه من «الليالي التي كان يستيقظ فيها ويظهر له أنه لن يعود للنوم من جديد.»

بيد أن ذلك لم يدهشه: «كنت أتوقع أن يعاني الجنود كوابيس لمدة من الزمن بعد عودتهم إلى الوطن.» ولكنه حين قام بتتبع أحوال أفراد فرقته في الولايات المتحدة وجد أن الجنود كانوا يلقون الترحيب من المثقفين والأوساط الطبية، لاسيما من الإدارة VA التي كان رد فعلها الاعتيادي هو اعتبار ضعف الذاكرة والكوابيس الليلية وأي علامات أخرى على **الضائقة** distress دليلا على الإصابة بالاضطراب PTSD.

ويقول <ستيڤنز> إن الأطباء لا يفرقون بين قلة من الأفراد المصابين فعلا بالاضطراب PTSD وبين أولئك الذين يشكون من الاكتئاب أو القلق أو مشكلات عودة الاندماج في المجتمع أو يحتاجون إلى مزيد من الوقت للتغلب عليها. وكان <ستيڤنز> يبدي انزعاجه من أن كثيرا من هؤلاء الجنود والمجندات كانوا يُدفعون إلى الالتزام بالمعالجات وبرامج العجز، وهو ما سيؤدي إلى تورطهم في رؤية ذاتية مفادها أن أدمغتهم يعاد تشكيلها وأن عقولهم تنتابها الوساوس على الدوام.

إلاّ أن <ستيڤنز>، الذي صار برتبة رائد ويعمل مساعد طبيب في الاحتياط، ليس الوحيد الذي يساوره القلق من اتساع مفهوم الاضطراب PTSD. وخلال السنوات الخمس الأخيرة، دارت مناقشات أكاديمية حامية حول الأسس التي يستند إليها تشخيص الاضطراب PTSD ومعدل وقوعه. وقد أدى ذلك إلى شق صفوف المهتمين بسيكولوجية الصدمات وإلى تعكير صفو الثقافة العسكرية. ومنذ البداية، طرحت انتقادات لهذا المفهوم من قبل بعض المؤرخين العسكريين وفئة قليلة من علماء النفس، وانضم إليهم لاحقا مجموعة كبيرة من الخبراء الذين يُعَدّون في الواقع من عمالقة علم النفس و**الطب النفسي** psychiatry والوبائيات. وتضم هذه المجموعة <L .R. سپيترز> و<B .M. فورست> [من جامعة كولومبيا] اللذين أشرفا على الطبعتين الأخيرتين من «الكتيب التشخيصي والإحصائي للاضطرابات الذهنية» *DSM–III* و *DSM–IV* الذي يصدره اتحاد الأطباء النفسيين في أمريكا، و<P. ماك هيو> [الرئيس السابق لقسم الأمراض النفسية في جامعة جون هوپكنز] و<N. برسلاو> [الإخصائية بالوبائيات في جامعة متشيگان الحكومية] و<J .R. ماك نللي> [السيكولوجي من جامعة هارڤرد والذي يُعَدّ حُجَّة في ديناميكا الذاكرة والصدمات وربما كان أقوى هؤلاء النقاد تأثيرا]. ويؤكد هؤلاء أن المعايير المعتمدة لتشخيص الاضطراب PTSD هي عبارة عن تصور مركب خاطئ وقديم من الأعراض، وقد توسع الأطباء في تطبيقه حتى صار من المألوف الخطأ في تشخيص الاكتئاب والقلق وحتى عدم التكيف العادي على أنه الاضطراب PTSD.

هذه الدعوة إلى إعادة النظر في تعريف الاضطراب PTSD تنعكس تأثيراتها على إنفاق مليارات الدولارات وعلى نظام تشخيص الأمراض

مفاهيم مفتاحية

- **أصبحت متلازمة الاضطراب التالي للصدمة (PTSD)(١) هدفا للهجوم؛ لأن المعايير المستخدمة في تحديدها واسعة أكثر مما ينبغي؛ مما يؤدي إلى المبالغة في تشخيصها.**
- **والخلل في مفهوم الاضطراب PTSD قد يؤدي إلى الخطأ في تشخيص عملية التكيف الطبيعي مع الحياة المدنية، وذلك باعتبارها اختلالا وظيفيا.**
- **إن الجنود الذين يُساء تشخيص حالتهم يتلقون العلاج غير المناسب ويصبحون في خطر الوقوع في شرك نظام إدارة المحاربين القدماء (VA)(٢) الذي يشجع على العجز المزمن.**

محررو ساينتفيك أمريكان

(*) The Post-Traumatic Stress Trap
(١) post-traumatic stress disorder
(٢) the veterans Administration

النفسية وعلى فاعلية البنى التحتية الضخمة التي تتطلبها معالجة هذا الاضطراب، وأهم من ذلك كله تأثيرها في الصحة الذهنية ومستقبل حياة مئات الآلاف من المحاربين القدماء وغيرهم من المرضى المصابين بالاضطراب PTSD. ويقف في وجه الإصلاح المعارف التقليدية والمقاومة الثقافية العميقة الجذور والمفاهيم التأسيسية لسيكولوجية الصدمات. ومع ذلك، فقد آن الأوان، كما قال <ستيڤنز> حديثا، «لإنقاذ الاضطراب PTSD من نفسه.»

إلقاء شبكة واسعة[*]

يقول النقاد إن المبالغة في تشخيص الاضطراب PTSD تكشفها الأرقام بدءا من الدراسة الأساسية حول انتشاره التي أعدت عام 1990، وحملت عنوان «المسح الوطني حول إعادة التكيف لدى المحاربين القدماء في ڤيتنام» (NVVRS)[1]. وقد شملت هذه الدراسة أكثر من ألف من ذكور المحاربين القدماء في ڤيتنام عام 1988، وبينت أن 15.4% منهم يعانون الاضطراب PTSD في ذلك الوقت، وأن 31% منهم سبق أن عانوا هذا الاضطراب في بعض الأوقات بعد نهاية الحرب. ومنذ ذلك التاريخ، اعتبرت النسبة 31% هي النسبة المعترف بها لوقوعات الاضطراب PTSD عند المحاربين القدماء.

في عام 2006 قام <P .B. دورنونِد> [أستاذ الوبائيات في جامعة كولومبيا]، سعيا إلى التوصل إلى حل بعض المشكلات المزعجة في تلك الدراسة، بإعادة النظر في الأرقام المقدمة فيها. وبعد أن انتهى من استبعاد الحالات التي كان توثيقها ضعيفا، وجد أن معدل الوقوعات عام 1988 كان 9% وأن معدل الوقوعات على مدى الحياة هو 18%.

وقد شارك <ماك نللي> في الإعجاب العام بدراسة <دورنوند> الدقيقة؛ ولكن بعد نشرها بقليل انتهى <ماك نللي> إلى الإقرار بأن الأعداد التي جاءت في هذه الدراسة هي نفسها أعلى من الواقع، حيث إنها حسبت ضمن حالات الاضطراب PTSD عند المحاربين القدماء الذين كانت شكواهم خفيفة وغير كافية لتشخيص هذا الاضطراب وكانت أحوالهم توصف بأنها جيدة بشكل عام. أما إذا اقتصر الأمر على الأشخاص الذين يشكون من «**إضعاف مهم سريريا**» clinically significant impairment، وهو المستوى اللازم توفره للتشخيص والحصول على تعويضات التأمين في معظم حالات الأمراض الذهنية، فإن معدل الوقوعات يهبط إلى 5.4% فيما يتعلق بالحالات الموجودة حين القيام بالدراسة، وإلى 11% إذا اعتبرت الحالات الحاصلة على امتداد الحياة. وهكذا، فإنه لا صحة للقول إن واحدا من كل ثلاثة من قدامى المحاربين سيعاني في مرحلة ما أعراض الاضطراب PTSD، والنسبة الصحيحة هي واحد من كل تسعة، كما أن واحدا فقط من كل 18 منهم سبق له أن عانى هذه الأعراض في مرحلة ما من حياته. وبعبارة أخرى، يتضح أن الدراسة NVVRS قد بالغت في تقدير معدل الإصابة بالاضطراب PTSD لدى قدامى المحاربين في ڤيتنام بما يقارب 300%.

يقول <ماك نللي>: «إن الاضطراب PTSD أمر حقيقي من دون شك. ولكن تشخيصه اتسع لدرجة كبيرة حتى أصبح جزءا من الثقافة، مما سهّل الوقوع في الخطأ وتشخيص أمراض أخرى ومعالجتها على أنها الاضطراب PTSD.»

وفكرة أن تشخيص الاضطراب PTSD قد بولغ فيه تتناقض مع التقارير المعارضة الصادرة عن الجهات العسكرية وإدارة المحاربين القدماء فيما يتعلق بإنكار تشخيص هذا الاضطراب وما يترتب عليه من تعويضات العجز وتسريح الجنود المصابين بدلا من معالجتهم، وإنكار صلة هذا الاضطراب بالازدياد المقلق في عدد حالات الانتحار بين الجنود في حروب الشرق الأوسط. إلاّ أن كلا من هذين الاتجاهين يبدو متماسكا. فقد زادت نفقات إدارة المحاربين القدماء لتعويض المصابين بالاضطراب PTSD على الضعفين منذ عام 2000. ويردُّ معظم هذه الزيادة إلى تشخيص حالات جديدة من هذا الاضطراب عند المحاربين القدماء في ڤيتنام. أما الاستجابة الضعيفة وغير المتساوقة إزاء حالات الجنود الذين لايزالون في الخدمة العسكرية، وحالات المحاربين القدماء الجدد، والذين يحال بعضهم بسرعة إلى معالجة الاضطراب PTSD في حين ترفض طلبات الآخرين، فإنها تبدو دليلا على ارتباك النظام الذي يُحمَّل فوق طاقته.

يقول النقاد إن إعادة النظر في تشخيص الاضطراب PTSD وفي نظام الرعاية الصحية للمحاربين القدماء سوف توفر عناية أفضل لكل من مرضى هذا الاضطراب الحقيقيين وكذلك لأولئك الذين كان تشخيصهم خاطئا. إلاّ أن الراغبين في الإصلاح يواجهون معارضة شديدة. ويلاحظ <ماك نللي> أن هذا الرأي سيوغر صدر بعض الأشخاص. فقد تلقى رسائل تهديد إلكترونية من بعض المحاربين القدماء، واتهمه عدد من الزملاء بإهانة المحاربين القدماء وأنه لا يحسب حساب الآلام التي يعانونها ويسقط من اعتباره تكاليف الحرب. وقد وصل الأمر بالعميد <G. كيلپاتريك> [الإخصائي بالصدمات (النفسية) من جامعة ساوث كارولينا والرئيس

(*) Casting a Wide Net

(1) National Vietnam Veterans Readjustment Survey



قد يكون الشعور بالضائقة **distress** **استجابة للألم أو فقدان شيء ما، أو يكون علامة على جرح نفسي يخفق في الشفاء. ويشعر ناقدو المعايير المعتمدة لتشخيص الاضطراب PTSD، ومن بينهم العديد من الجنود، أن عملية التكيف الطبيعي التي يمر بها الجنود العائدون من الحرب، كثيرا ما تصنف ضمن حالات** الاختلال الوظيفي **dysfunctional state.**

الاضطراب (PTSD): مشكلة تُعرّف بسببها(*)

جاء في الطبعة المتوفرة حاليا من «الكتيب التشخيصي والإحصائي» للاضطرابات الذهنية *DSM-IV* أن أول المعايير لتشخيص الاضطراب PTSD هو تعرض الشخص لصدمة نفسية شديدة (رض). ويشرح الكتيب المقصود بهذه الصدمة كما يلي:

يتعرض الشخص للصدمة إذا توفر العنصران التاليان:

1- أن يكون الشخص قد أصيب أو شاهد أو جابه حادثة أو حوادث تتضمن حالة موت فعلي أو **أذية** injury خطيرة أو تهديد لسلامته الجسدية أو سلامة الآخرين.

2- أن تتضمن استجابةُ الشخص الخوفَ الشديد أو الهلعَ أو الشعور بفقد الأمل بالمساعدة.

ويكتمل تعريف المتلازمة عند اجتماع ثلاث مجموعات من الأعراض ـ عودة المعاناة من الحادثة عن طريق الكوابيس أو **ارتجاع** flashback مشهد الحادثة؛ و**الخدر** numbing أو **الانسحاب** withdrawal؛ و**فرط التيقظ** hyperarousal الذي يتجلى **بالهيوجية** irritability والأرق والعدوانية وضعف التركيز ـ لمدة تزيد على الشهر ولدرجة تسبب للشخص شعورا **بالضائقة** distress يمكن كشفه سريريا أو اختلالا في العلاقات الاجتماعية أو الوظيفية، وغير ذلك من المجالات.

يجادل منتقدو هذا المركب التشخيصي قائلين إن هذه الأعراض قد تكون مميزة لمجموعة واسعة من الاضطرابات الأخرى؛ كما أنها قد تظهر معا عند أشخاص لم يتعرضوا لصدمة.

لقد جرى تعريف الاضطراب PTSD لأول مرة في «الكتيب التشخيصي والإحصائي للأمراض النفسية» *DSM-III* الصادر عام 1980 استجابة لطلب الأطباء النفسيين والمحاربين القدماء المعارضين لحرب ڤيتنام والذين كانوا يبحثون عن تشخيص يعترف بوجود آفة فريدة يعانيها المحاربون القدماء في ڤيتنام.

السابق للجمعية الدولية لدراسة الاضطراب] إلى القول إن <ماك نللي> كاذب.

تشخيص مُعظِل(**)

جاء في «الكتيب التشخيصي والإحصائي للاضطرابات الذهنية» *DSM–IV* الصادر عام 1994 أن تعريف الاضطراب PTSD يستند إلى اجتماع ثلاثة أعراض ـ ارتجاع مشاهدة سابقة حقيقية على شكل كوابيس وتجنب المواجهة عن طريق الانسحاب أو اللامبالاة و**فرط التيقظ** hyperarousal الذي يأخذ شكل **الهيوجية** irritability والأرق والعدوان وضعف التركيز ـ التي تظهر كرد على الأحداث المهددة للحياة (*انظر الإطار في الأعلى*).

ولكن تركيبة هذا التعريف مشكوك في صحتها. فالصلة بحادثة صادمة تجعل الاضطراب PTSD التشخيص الوحيد تقريبا، وهذا هو أمر فريد من نوعه في الأمراض النفسية؛ لأن التشخيص في هذه الحالة يعتمد على أسباب خارجية. ومما يزيد الأمر تعقيدا هو أن الصلة بين الحالتين تستند في الواقع إلى ذكرى تلك الصدمة. وعندما أضيف الاضطراب PTSD لأول مرة إلى قائمة الأمراض الواردة في الطبعة الثالثة من «الكتيب التشخيصي والإحصائي للأمراض النفسية» *DSM-III* الصادر عام 1980، كانت ذكريات الصدمات تعد تسجيلا أمينا لحوادث حقيقية. إلا أن الأبحاث التي أجريت بعد ذلك بينت بشكل متكرر أن الذاكرة مطواعة وغير جديرة بالثقة إلى حد بعيد؛ إذ إن الإنسان يقوم بشكل منوالي (روتيني) بإضافة، أو حذف أشخاص وتفاصيل وخلفيات وأعمال، إلى ذكرياته. فكثيرا ما نضخم أمورا أو نحذف بعضها أو نخترع أخرى.

وأظهرت دراسة قامت بها <F .E. لوفتوس> [الباحثة في ظواهر الذاكرة من جامعة واشنطن] أن واحدا من بين أربعة بالغين قيل لهم إنهم فُقدوا في بعض مجمعات التسوق وهم أطفال، انتهى به الأمر إلى تصديق أن ذلك حدث له فعلا. وبعض الذين شاركوا في التجربة استمروا في الاعتقاد أن ذلك قد حدث فعلا، حتى بعدما كُشف لهم أن ما قيل كان مجرد خدعة. وقد أكدت أبحاث كثيرة بعد هذه الدراسة أن مثل هذه الذكريات الزائفة أمر شائع.

لا يتمتع الجنود بمناعة ضد هذا الاتجاه. فقد قام الباحثون ـ في بحث أجري خلال تسعينات القرن العشرين في مستشفى نيوهاڤن بأمريكا ـ بسؤال 59 من المحاربين القدماء في حرب الخليج العربي عن تجاربهم هناك وذلك بعد شهر من عودتهم، ثم مرة أخرى بعد سنتين من ذلك. فقد سُئل الجنود عن 19 نوعا محددا من الأحداث التي يمكن عادة أن تسبب صدمة لمن يواجهها، كأن يكون المرء شاهدا على حادثة وفاة أو أن يفقد أصدقاء له أو أن يشاهد أشخاصا يصابون بتشوهات جسدية. وبعد مرور عامين، ذكر 70% من المحاربين القدماء حادثة واحدة على الأقل من النوع المؤدي إلى الشعور بالصدمة لم يكونوا قد ذكروها عند سؤالهم بعد شهر واحد من عودتهم؛ كما أن 24% منهم ذكروا ثلاثة أحداث أخرى من هذا النوع مقارنة بإجاباتهم من المرة الأولى. وقد تبين أن المحاربين القدماء في هذه المجموعة الذين ذكروا أكبر عدد من الذكريات الجديدة هم أيضا ممن شُخِّص عندهم أكبر عدد من أعراض الاضطراب PTSD.

يرى <ماك نللي> أن نتائج كهذه توحي فكرة مؤداها أن بعض المحاربين القدماء الذين أصيبوا بالاضطراب PTSD في وقت متأخر يمكن أن ينسبوا أعراض الاكتئاب والقلق وغيرها من الاضطرابات الطفيفة إلى ذكرى أعيد تركيبها وأعطيت مغزى جديدا، بل ربما كانت ذكرى اختلقت(1) لاشعوريا.

يقول <ماك نللي>: «إن هذا التصرف لا علاقة به بالتلاعب أو الاحتيال على الأنظمة ولا بالرغبة الواعية في اكتساب التعاطف، ذلك أننا جميعا نفعل هذا الأمر: إننا نقُصُّ حياتنا على شكل حكايات تساعدنا على فهمها. وهكذا، فإن أحد المحاربين القدماء الذي يمر بصعوبات في حياته قد يتذكر حادثة لعلها صدمته أو لم تفعل، وكل ما يتذكره من هذا القبيل سيكون ذا مغزى.»

(*) PTSD): A Problem Defined by Its Cause)
(**) A Problematic Diagnosis
(1) fabricated

المؤلف



David Dobbs

محرر مشارك في مجلة «ساينتفيك أمريكان مايند» Scientific American Mind، وكان المحرر المؤسس لموقع «الذهن أمر مهم» mind matters. وهو يكتب أيضا بانتظام في شؤون الطب والطبيعة والتربية والثقافة لمجلة نيويورك تايمز، وقد نُشرت في ثلاثة كتب؛ وعنوان موقعه Neuron Culture *هو:* http://scienceblogs.com/neuronculture.



<R.> ماك نللي>، من جامعة هارڤرد.

يقول <ماك نللي>: «إن الاضطراب PTSD حقيقة لا شك فيها، إلا أن تشخيص هذا الاضطراب أصبح رخوا وواسعا جدا حتى صار جزءا من الثقافة، ومن المؤكد أننا نخطئ في تشخيص مشكلات أخرى وننسبها إلى هذا الاضطراب، ومن ثم نعالجها بشكل خاطئ.»

ولكي نجعل تشخيص الاضطراب PTSD أكثر دقة رأى بعض الباحثين أن الفحوص الدموية وتصوير الدماغ وغيرها من الاختبارات قد تكون قادرة على كشف بعض العلامات الفيسيولوجية (الفيزيولوجية) المميزة لهذا الاضطراب. وقد كشفت بعض الدراسات التي تناولت هرمونات **الكرب** stress وأجريت على مجموعات من المرضى المصابين بالاضطراب عن وجود اختلافات بينهم وبين الأصحاء. إلا أن التداخل بين نتائج الفريقين كان كبيرا جدا مما يجعل نتائج هذه الاختبارات إذا أجريت لأحد الأشخاص عديمة الفائدة في التشخيص. وكذلك الحال في تصوير الدماغ، إذ إن الشذوذ الدينامي المشاهد في الاضطراب PTSD يتداخل على نطاق واسع مع ما يشاهد عند المصابين بالاكتئاب أو القلق.

لما كانت الذاكرة غير جديرة بالاعتماد عليها وكانت **الواسمات** البيولوجية markers محيرة، يصبح التشخيص معتمدا على الأعراض السريرية. إلا أن الدراسة التي أجريت عام 2007 بينت بشكل صارخ أن أعراض الاضطراب PTSD مراوغة وغامضة كما هي حال الواسمات البيولوجية. وقد قام <A. بودكين> [وهو **طبيب نفسي** psychiatrist في مستشفى «ماكلين بهارڤرد»] بفحص 90 مريضا مصابا بالاكتئاب بحثا عن أعراض الاضطراب PTSD عندهم وعن الرضوض التي تعرضوا لها ثم قارن نتائج هذه الفحوص. وبالاشتراك مع أحد زملائه قام بإجراء مقابلة مقننة **موحدة المقاييس** standardized لهؤلاء المرضى لتقييم الأعراض. بعد ذلك، قام طبيبان آخران من المهتمين بتشخيص الاضطراب PTSD بإجراء مقابلة مقننة لمعرفة أي من المرضى سبق أن أصيب بصدمة تنطبق عليها معايير الاضطراب PTSD الواردة في الكتيب *DSM–IV*.

إذا كان الاضطراب PTSD ناجما عن الصدمة (الرض) وجب أن يكون في التاريخ المرضي للمصابين بهذه العلة قصة تعرُّض لصدمة؛ كما أن الأشخاص المصابين بصدمة يجب أن يتعرضوا للإصابة بالاضطراب PTSD بنسبة أكبر. إلا أن الواقع خلاف ذلك، فمع أن تقصي الأعراض بيّن أن 70 من أصل 90 مريضا يبدون أعراض الإصابة بالاضطراب PTSD، فإن تقصي الصدمات كشف أن 54 مريضا منهم سبق لهم التعرض لصدمة؛ أي إن عدد الأشخاص الذين شخص لديهم الاضطراب PTSD زاد على عدد أولئك الذين تعرضوا لصدمات. وقد كانت نتائج الدراسة أسوأ عندما قارن <بودكين> التشاخيص واحدا تلو الآخر. وإذا كانت الإصابة بالاضطراب تستلزم وجود صدمة في التاريخ المرضي، فإن المرضى الذين سبق أن تعرضوا لصدمة والبالغ عددهم 54 يجب أن يشكلوا القسم الأكبر من الذين شخص لديهم الاضطراب PTSD وعددهم 70. ولكن المصابين بأعراض هذا الاضطراب كانوا موزعين بالتساوي بين المصابين بالصدمات وغير المصابين بها. ويعلق <بودكين> على ذلك بالقول: إن هذا الوضع غير مقبول علميا.

إن أكثر المعالجات فاعلية عند المرضى الذين نجمت أعراضهم عن التعرض لصدمة هي **المعالجة المعرفية ـ السلوكية** (CBT)[1] التي تهدف إلى تغيير الاستجابة لذكرى صدمة معينة عن طريق تعريض المريض المتكرر والمراقب للصدمة. يقول <ماك نللي>: «إن المعالجة بهذه الطريقة كانت فعالة. فإذا توجه مريض مصاب حقا بالاضطراب PTSD إلى الأشخاص الذي يطبقون هذه الطريقة العلاجية بشكل جيد، فإن لديه فرصة جيدة للتحسن. وعلى العكس من ذلك، فإن استخدام المعالجة CBT عند المصابين بالاكتئاب يساعد المريض على تعرف الحلقات المضطربة من تفكيره وانفعالاته وينمي لديه استجابات جديدة تجاه الأحداث اليومية العادية.» ويضيف <ماك نللي>: «إذا اعتقد شخص مصاب بالاكتئاب أن مشكلاته ناجمة عن الإصابة بالاضطراب PTSD ويخضع للمعالجة CBT؛ فإنه سيخفق. إنك بذلك تقضي الوقت في مطاردة هذه الذكرى بدلا من التصدي للطريقة التي يسيء فيها المريض تفسير الأحداث الحالية.»

ومما زاد الأمور تعقيدا تلك الدراسات الحديثة التي بينت أن **أذيات الدماغ الرضية** traumatic brain injuries، الناجمة عن انفجار القنابل والتي شاعت عند الجنود في العراق، تؤدي إلى ظهور أعراض يصعب تمييزها من أعراض الاضطراب PTSD. وهكذا، نواجه مجموعة أخرى من

(*) Discrepancies in Diagnoses

(١) cognitive-behavioral therapy

تضاربات في التشخيص(*)

كثيرا ما يُبالغ في تقدير معدل الإصابة بالاضطراب، ويعود ذلك لأسباب متعددة: منها المعايير الغامضة المعتمدة لتشخيصه، كما أن تقييم أسئلة المسح والإجابات عنها يخضع للتأويل. ومن الأمثلة على ذلك، أن التحليل الدقيق لبيانات المسح NVVRS الذي جرى عام 1990 أنقص معدل حدوث الاضطراب PTSD إلى ثلث الأرقام الأصلية.



نكران التميز[(*)]

أعلنت وزارة الدفاع الأمريكية في الشهر 2009/1 أنها لن تمنح وسام «القلب الأرجواني» للمحاربين القدماء المصابين بالاضطراب PTSD. وقد استند هذا القرار في جانب منه إلى التمييز بين الجروح الجسمية التي يمكن تقييمها موضوعيا وبين الشكاوى النفسية التي هي ذات طابع شخصاني. وقد أبرز انقسام الرأي العام الأمريكي حول هذا القرار الأهمية العظمى التي يوليها لهذا التشخيص من الناحيتين العاطفية والثقافية والمشكلات التي يثيرها هذا التشخيص. فمن ناحية، بيّن علم الأعصاب في الآونة الأخيرة أن اضطرابات الصحة النفسية المهمة تدل على وجود خلل وظيفي مهم في الدماغ أو **أذية** injury **فعلية** فيه. وإذا لم يكن هناك أذية فعلية في الدماغ، فإن من العدل أن تعامل الإصابات النفسية الناتجة من الحرب باعتبارها إصابات جسمية. وفي الوقت نفسه، إن عدم وجود حدود تشخيصية مؤكدة بين الاضطراب PTSD والاضطرابات النفسية الأخرى كالاكتئاب والقلق، إضافة إلى البينات القوية على وجود مبالغة في تشخيص الاضطراب يجعل منح الوسام للمصابين بهذا الاضطراب مثارا لمشكلات مهمة إلى أن تتضح طبيعته ويتوصل العلم إلى اكتشاف **واسمات بيولوجية** biomarkers حاسمة له لا تقبل الجدل فيه.



الأعراض المتداخلة.

يقــول <M .G. روزن> [وهــو طبيب نفســي من جامعة واشنطن تعامل طويلا مع مرضى الاضطراب PTSD]: «إن مســألة التداخل تقلقني إلى حد كبير؛ وعلينا أن نتساءل كيف وصلنا إلى هذا الوضع، وما الذي نكسبه من تبني هذا التشخيص؟»

حالات معوِّقة[(**)]

عندما تساءل <روزن> عن المكاسب كان يقصد الأطباء الســريريين. ولكن ماذا يكســب المحاربون القدماء من تشخيص الاضطراب PTSD. طبعا، قد يأمل البعض مــن وراء ذلك بالحصول على معالجة فعالــة ودعم مالي. ولكن، ليس هــذا هو ما يحدث. ويستجيب للمعالجة ثلثا الأشخاص المدنيين المصابين بهــذا الاضطراب؛ إلا أن عالــم النفس <Ch. فروه>، الذي عالج المحاربين القدماء المصابين بالاضطراب PTSD وأجــرى أبحاثا حول هذا الموضوع منذ عام 1990 وحتى 2006، لاحظ أنه لم يســتجب أي منهم للعلاج. كما أن المحاربين القدماء الذين عولجوا من ذلــك الاضطراب عن طريق إدارة المحاربين القدماء، يرجــح أنهم لن يحصلوا علــى نتائج أفضل مما لو عولجوا على نفقتهم الخاصة.

ويقــول <فروه> إن الســبب في ذلــك يعود إلى التعارض القائــم بين أوهام بنية الاضطراب PTSD من جهة ونظام العجــز المعتمد في إدارة المحاربين القدمــاء، والذي يبدو أنه صُمم ليجعل كل مكســب يجنبه المريض موجها نحو إعاقة الشفاء.

يعد الاضطراب PTSD أســهل تشخيص لمرض ذهني يبرر احتسابه بأنه «مرتبط بالخدمة العسكرية» مما قد يمنح المريــض تغطية صحية كاملة وممتدة، وكذلك الحصول على راتــب يبلغ نحو 3000 دولار شــهريا. وهذا يفســر لماذا يعلن معظــم المحاربين القدماء الذين يتلقــون علاج الاضطراب PTSD من إدارة المحاربين القدماء، أن أعراض هذا الاضطراب تتفاقم لديهم إلى أن يتم تصنيفهم ضمن فئة العجز 100%، وعندئذ يقل ترددهم بنسبة 82% على إدارة المحاربين القدماء لاستمرار علاجهم.

ومما يزيد الأمر ســوءا أن دفع هــذه المرتبات يســتمر فقط ما دام الشخص مريضا. فعلى عكس المحارب القديم الذي فقد ســاقه فــي الحرب، فإن المحارب القديم المصــاب بالاضطراب PTSD يفقد مرتــب العجــز عندما يشــفى من مرضــه أو يبدأ بالعمــل، وهكذا يبدو أن النظام قد صُمم لتشــجيع العجــز المزمن. ويقــول <فروه>: «خلال الســنوات العديدة التــي قضيتها في عيــادة إدارة المحاربين القدماء المخصصة لمرضى الاضطراب لا أســتطيع تذكر مريض واحد ترك العلاج بسبب تحسن حالته. لكن المشكلة لا تكمن في المحاربين القدماء وإنما في أن نظام العجــز الخاص بالمحاربين القدماء، والذي مضــى على تطبيقه ســتون عامــا، يتجاهل جميع الأبحــاث التي أجريت خلال هــذه المدة حول إعادة التكيــف وتأثير المحفــزات والمثبطــات. ويخطر لي أحيانا أنه ينبغي عليهم نســف النظام بأكمله والبدء بإعداد نظام جديد. ولكن بأي شيء نبدأ؟»

طريقتان لحمل البندقية[(***)]

حينمــا يعــود الجندي إلــى بلده يتعــين عليه أن يحــاول التوفيق بين شــخصيته أثنــاء الحرب وشــخصيته قبلها والمجتمــع والعائلة اللذين ينتمي إليهما. فعليه أن يندمج فيما أســمته السيكولوجية <R. يهودا> الانخــراط في محيطه، وإدماج الصدمة ضمن تجاربه العاديــة. إن هذا هو ما نفعله جميعا بدرجــات مختلفة حين نعاني حالة من الانهيار أو فقدان الوظيفة أو وفاة شخص عزيز. في البداية، يبدو الحدث وكأنه شــذوذ غيــر ممكن الحدوث، ثم نأخذ بتقبل الصدمة باعتبارها جزءا من حياتنا.

ويعترف الرائد <ستيڤنز> أن هذا التوفيق يحتاج إلــى وقت. فبعد ســنتين من عودته إلــى بلده كانت الحرب لا تزال تظهر فــي أحلامه. كان يحلم أحيانا أنه يقوم بعمل عادي تماما وهو يحمل بندقيته. ويقول: «حلمــت في إحــدى الليالي أنني كنــت مع زوجتي أراقب الطيور. وحين كنــا نلمح طائرا كانت زوجتي ترفــع منظارها المكبر إلى عينيها، في حين كنت أرفع بندقيتي وأراقب الطائر عبر المنظار. لم أكن أفكر في اصطياد الطائر، وإنما مجرد النظر إليه.»

سيكون من الســهل قراءة حلم <ستيڤنز> على أنه عرض من أعراض الاضطراب PTSD، وأنه يعبر عن الخوف والحذر المفرط. كما يمكن اعتباره أيضا دليلا على نجاحه في إعــادة الانخراط في محيطه؛ أي التوفيق بين الرجل الذي كان يســتعمل البندقية والرجل الذي لم يعد يفعل ذلك.

ويبدو أن الدراسة الأكثر شمولا للجنود العائدين مــن العراق، والتي قام بهــا <Ch. ميليكن> [الباحث فــي الإدارة VA ونشــرت عــام 2007] تؤكد القول إنــه ينبغــي أن نتوقع تصاعدا فــي معدل الإصابة بالاضطراب PTSD. وقد قامت هذه الدراســة بعمل مســح بين القوات المحاربة فور عودتها من العراق ثم مرة أخرى بعد ســتة أشــهر، وخلصت إلى أن 20% من الجنود كانت لديهم أعراض تدل على أنهم معرضون لخطر الإصابة بذلــك الاضطراب. ولكن

(*) Distinction Denied
(**) Disabling Conditions
(***) Two Ways to Carry a Rifle



من مخلفات الحرب آلية عسكرية مقذوفة على جانب الطريق في الرمادي بالعراق.

لقد أظهرت دراسات حديثة أن الإصابات الدماغية، وهي شائعة بين الجنود الأمريكيين في العراق، تنتج أعراضا يصعب تمييزها أحيانا من أعراض الإصابة بالاضطراب PTSD.

نصف عدد الجنود الذين أبدوا تلك الأعراض في عملية المسح الأولى تحسنت أعراضهم عند إجراء عملية المسح الثانية ـ كما أن العديد من الأشخاص الذين لم يشكوا من أية أعراض في المسح الأول أو كانت أعراضهم طفيفة، أعلنوا عن وجود أعراض مهمة في المسح الثاني. والسؤال الذي يتبادر إلى الذهن، هو كم من الأعراض التي أُبلغ عنها في المسح الأول كانت مجرد علامات على التكيف العادي؟ وكم من الأعراض التي أُبلغ عنها في المسح الثاني كانت حكايات عن التعرض للصدمة مضافا إليها حكايات عن مشكلات أخرى؟

يؤكد ‹ستيڤنز› وغيره أن هذه الدراسة أخطأت في تقييم حالة العديد من الأشخاص الذين يمرون بمرحلة التكيف الطبيعية واعتبرتهم معرضين لخطر الإصابة بالاضطراب PTSD. ومع أن ‹ستيڤنز› نفسه كان سيره جيدا في العمل وفي المنزل وفي العلاقات الاجتماعية، فقد صُنف في المَسْحَيْن من فئة العشرين في المئة المعرضين للإصابة بذلك الاضطراب. ومن العجيب أن كلا المسحين قد استبعد نحو 75% من الأشخاص الذين طلبوا استشارة الأطباء ـ الأمر الذي يثير مزيدا من الشك فيما يخص دقة التقييمات. ومع ذلك، فإن هذه الدراسة لقيت تغطية إعلامية واسعة تشدد على أن تقدير معدلات الإصابة بالاضطراب PTSD أقل مما هو في واقع الحال.

وبعد أشهر عدة عرضت دراسة أخرى ـ وهي الأولى التي تعقبت أحوال عدد كبير من الجنود المشاركين في حربي العراق وأفغانستان ـ رؤية أكثر وضوحا وأشد تماسكا لهذا الموضوع. وقد أشرف على هذه الدراسة ‹T. سميث› [وهو باحث في سلاح البحرية الأمريكي] ونُشرت في المجلة الطبية البريطانية. وفي هذه الدراسة، قام الباحثون بمراقبة الصحة الذهنية وصلتها بالاشتراك في المعارك الحربية لدى 50 000 جندي أمريكي بين عامي 2006-2001. واهتم الباحثون بشكل خاص بالربط بين الأعراض ونمط المشاركة في المعارك. وبينت الدراسة أن من بين 12 000 جندي ذهبوا إلى العراق أو أفغانستان ظهرت لدى 4.3% منهم أعراض كافية لتشخيص الإصابة بالاضطراب PTSD. وكان معدل الإصابة بهذا المرض بين الجنود الذين شاركوا في المعارك هو 8%، في حين كان معدله بين الجنود الذين لم يشاركوا في المعارك 2%.

هذه الأرقام تعادل ربع المعدلات التي وجدها ‹ميليكن› لكنها تضاهي تماما معدلات الاضطراب PTSD التي رصدت لدى المحاربين القدماء البريطانيين في حرب العراق والمعدلات التي توصلت إليها حسابات ‹ماك نللي› عند المحاربين القدماء في حرب ڤيتنام. إن التباين بين دراسة ‹سميث› ودراسة ‹ميليكن› وانسجامهما مع المعدلات البريطانية ومع حسابات ‹ماك نللي› حول المسح NVVRS، كان من شأنه أن يجعل من دراسة ‹سميث› حدثا إعلاميا ضخما. ومع ذلك، فإن أجهزة الإعلام والإدارة VA والمختصين بعلم نفس الصدمات تجاهلوا هذه الدراسة تجاهلا شبه تام.

وقد يكون هذا التجاهل مجرد أخبار جيدة مرت من دون أن تلفت النظر. ومع ذلك، فإنه يدعم دعوى ‹ماك نللي› بأن لدى الأمريكيين وسواسًا ثقافيًا فيما يخص الصدمة. كما أن الاهتمام الانتقائي بموضوع الاضطراب PTSD يؤيد رأي ‹B. شپرد› [المؤرخ العسكري والناقد لفكرة الاضطراب PTSD] الذي يؤكد أن المجتمع الأمريكي نفسه حصل على بعض المكاسب من اختلاقه هذا التشخيص في نهاية سبعينات القرن الماضي: تلك هي النظرة إلى تكاليف الحرب وهي تُحوّل المحاربين إلى ضحايا تتيح للأمريكيين الاعتراف بفظاعة الحرب وتغفر لهم ذنب إرسال الجنود إلى ساحة القتال قائلين لأنفسهم نحن أيضا كنا ضحايا حيث غُرِّر بنا لمساندة حرب ندمنا عليها فيما بعد. نعم، يجب علينا الاعتراف بفظاعة الحرب. كما يجب علينا الاعتراف بآلام الجنود. ولكن عندما يصل الأمر إلى أن يُفرض على جندي بحالة اضطراب الاعتقاد أنه لا يمكنه التخلص من ذكرياته، وأنه يفتقد القدرة على دمج ماضيه في مستقبله، فهذا يعني أننا نؤكد على حساسيتنا الأخلاقية ولكن على حساب الجندي نفسه.

إن الاضطراب PTSD حقيقة قائمة فعلا، وعلينا أن نعالجه حيثما وجد. ولكن وسواسنا الثقافي فيما يتعلق بهذا الاضطراب تضخم إلى حد كبير حتى أصبح هو المشكلة بحد ذاتها ـ فشلنا المتمادي في الاعتراف بعدواننا الجماعي ودمجه في سياق تجربتنا المعتادة. وقد يكون ذلك **عصاب** neurosis ما بعد الحرب الذي يصيب الأمريكيين. ■

مراجع للاستزادة

A War of Nerves: Soldiers and Psychiatrists in the Twentieth Century. Ben Shephard. Harvard University Press, 2001.

Progress and Controversy in the Study of Posttraumatic Stress Disorder. Richard J. McNally in *Annual Review of Psychology,* Vol. 54, pages 229–252; 2003.

Saving PTSD from Itself in DSM-V. Robert L. Spitzer, Michael B. First and Jerome C. Wakefield in *Journal of Anxiety Disorders,* Vol. 21, No. 2, pages 233–241; February 2007.

Posttraumatic Stress Disorder: An Empirical Evaluation of Core Assumptions. Gerald M. Rosen and Scott O. Lilienfeld in *Clinical Psychology Review,* Vol. 28, No. 5, pages 837–868; June 2008.

9002 lirpA ,naciremA cfiitneicS

سبل جديدة للقضاء على البكتيرات الفائقة(*)

يستخدم العلماء أدوات وطرائق جديدة في سباقهم لاكتشاف مضادات حيوية جديدة.

<Ch. T. ولش> ـ <M. A. فيشباخ>

مفاهيم مفتاحية

- **تطوّر البكتيرات الخطرة تجاه المضادات الحيوية الموجودة مقاومةً أسرع من قدرة البشر على ابتكار أو اكتشاف أدوية جديدة.**
- **يُعَدُّ سبر البيئات الغريبة والجينومات الميكروبية من بين الاستراتيجيات المبتكرة المطبقة لمواجهة هذه المشكلة.**
- **مقاربات جديدة تستهدف** متعضيات (كائنات حية) organisms **بعينها أو تكف عن قتلها، يمكن أن تساعد على كسر الحلقة الخبيثة(1) للمقاومة.**

محررو ساينتفيك أمريكان

تبــدو العبارة «**بكتيــرات فائقــة**(2) تغزو المدينة»، كعنــوان لفيلم رعب، إلا إنّه أحد العناوين الرئيســية للنيويــورك بوســت فــي 2007/10/26. فقبل 12 يوما توفــي في بروكلــين الطفل <O. ريڤييــرا>، وعمره 12 عامــا، إثــر إصابته بجرح فــي ملعب لكرة السـلة وتعرضه للعــدوى **بالعنقوديــات الذهبيــة المقاومة للميثيسيلين**(MRSA)(3) التي أصبحت مقاومةً للعديد من أقوى المضادات الحيوية فعاليةً والمتوفرة حاليا.

لقد كان مســتبعدا قبــل عقد من الزمــن احتمال إصابة الأشــخاص الأصحاء بعدوى بكتيرية غير قابلة للعــلاج، ولكنه الآن صار حقيقــة. ففي عام 2007، أبلغ فريــق مــن الباحثين بقيــادة <M. كليڤنــز> [من مراكز مكافحة الأمراض والوقاية منها] أنّ العنقوديات MRSA تسبب 000 19 حالة وفاة كل عام في الولايات المتحـدة، وهــذا يفوق ما يسببه ڤيروس العوز المناعي البشري/ متلازمة العوز المناعي المكتســب (AIDS / HIV). إنّ ذلــك مخيف جدا؛ لأن نحو 20% من الناس يموتون نتيجــة العدوى بتلــك العنقوديــات، وغالبيتهم من الشباب. إضافةً إلى ذلك، فإن الأشخاص المصابين بها يستمرون في نشاطاتهم اليومية.

لقــد كانت المشــكلة في البدايــة مقتصرةً على المستشــفيات ودور الرعاية، حيــث يكون المرضى ســريعي التأثر بسبب ضعف المناعة لديهم، إضافة إلــى أنّ من يتعافــى منهم يكون قــد كلّف 000 30 دولار بسبب إطالة إقامته في المستشفى لعشرة أيام إضافية وسطيا.

إن الإنفاق الســنوي الإجمالي لمعالجة العداوى بالعنقوديــات MRSA فــي مستشــفيات الولايات المتحدة، يُعد مذهــلا، إذ يتراوح بين 3 و 4 مليارات دولار، يضاف إلى ذلك أن هذه العنقوديات ليســت العوامل المرضة الوحيــدة المقاومة. فهناك العديد من هــذه العوامــل المرضة التــي تتزايد صعوبة القضــاء عليهــا. إذن، فالطب الحديــث في طريقه إلى خســارة المعركة ضد البكتيرات المرضة التي اعتبــرت منقرضة فيمــا مضى، وهــو بحاجة إلى مقاربات جديدةٍ لاكتشــاف وإبداع مضادات حيوية جديدة للتصدي لهذه البكتيرات.

مقاومة مُعاودة(**)

يتضــح من قصــة العنقوديــات MRSA مدى ســرعة ظهور مقاومة للمضادات الحيوية. والحقيقة هي أنّ الآليات الطبيعية التي تسبب المقاومة في هذه العنقوديــات وغيرها من البكتيرات تجعل المشــكلةَ حتميةً تقريبــا لتخلق الحاجة الدائمة إلى مضادات حيوية جديدة.

أُدخل الميثيســيلين، وهو مشــتق من الپنسيلين الأكثر شهرةً، عام 1959 في معالجة العداوى المسببة بسلالات (ذراري) العنقودية MRSA والعقدية الرئوية التي أصبحت مقاومة للپنســيلين. وبعد سنتين فقط، لوحظ في المستشــفيات الأوروبية ظهور سلالات من العنقوديــة MRSA. وفي ثمانينــات القرن الماضي، انتشــرت هذه العنقودية بشــكل واســع في مرافق الرعاية الصحية في أنحاء العالم كافة، وفي منتصف تسعينات القرن الماضي ظهر صنفٌ جديدٌ من عداوى العنقوديــات MRSA: تلك التــي التقطت عدواها في «المجتمع» وليس في أماكن الرعاية الصحية.

تمثــل العنقوديــات MRSA تحديــا للمعالجة، ويعــود ذلــك جزئيا إلــى ســرعة انتشــارها بعد دخولهــا مجــرى الــدم. ولكــن خاصيتهــا الأكثر خطــرا هي قدرتها على مقاومة المجموعة الرئيســية من المضــادات الحيوية المعروفــة **بالبيتالاكتامات** B-lactams (السيفالوســپورينات والأنــواع المختلفة من الپنســيلينات)، وذلك بإنتاجها إنزيما يَشْطر هذه الأدويــة ويخربها. لقد حَــدَّت مقاومة هذه المضادات الحيوية ترسانة الطبيب المعالج واضطرته إلى اللجوء إلــى مضادات حيويــة أخرى لها تأثيــرات جانبية خطيرة؛ حتى إنّ بعض الســلالات مــن العنقوديات MRSA أصبحــت مقاومــةً لأكثــر هــذه المضادات

(*) New Ways to Squash Superbugs
(**) Recurring Resistance
(1) vicious cycle؛ أو الحلقة المفرغة.
(2) superbugs بكتيرات فائقة: سلالة من البكتيريا مقاومة لجميع المضادات الحيوية المعروفة.
(3) Methicillin resistant Staphylococcus aureus



الحيوية فعاليةً، وهو **الڤانكومايسين** vancomycin.

إنّ ظهور مقاومة الڤانكومايسين عند البكتيريات المقاومة أصلا للميثيسيلين، يمثّل مشكلةً تحبط الأطباء ومطوّري الأدوية على حد سواء. فالعمر المفيد للمضاد الحيوي يبدأ بالتناقص بمجرد السماح بتداوله. والمتهم في ذلك هو **الانْتقاءُ الطّبيعيّ**[1]: فمجرّد وجود مضادٍّ حيويٍّ يكوِّن بيئةً تكتسب فيها سلالةٌ بكتيرية، صادف أن كانت مقاومةً، أفضلية النموّ على منافسيها. لقد تمت المصادقة على الڤانكومايسين من قبل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) في عام 1958، وبمجرد ظهور العنقوديات MRSA، صار الڤانكومايسين الأساس في معالجة عداوى هذه العنقوديات. ولكن في عام 2002، بدأت تظهر في المستشفيات سلالات من هذه العنقوديات مقاومة للڤانكومايسين. وكانت هذه السلالات، المعروفة باسم سلالات العنقودية الذهبية المقاومة للڤانكومايسين (VRSA)[2]، خلفا[3] للعنقوديات MRSA الذي اكتسب مجموعة من خمسة جينات تنتقل معا وتكسب مقاومةً للڤانكومايسين. **فالإنزيمات المكودة**[4] بهذه الجينات تسمح للعنقوديات VRSA باستبدال هدف الڤانكومايسين على جدار الخلية البكتيرية ببنية لا يستطيع الڤانكومايسين وقايتها. ونتيجة لذلك، لم يعد الڤانكومايسين الملاذ الأخير لتثبيط نمو العنقودية VRSA.

ويُعَدُّ استبدال هدف المضاد الحيوي إحدى الاستراتيجيات الثلاث الرئيسية التي تتبعها البكتيريا لتجنب الموت. وكاستراتيجية ثانية، فإن العديد من الجينات المقاومة للمضادات الحيوية، كالتي تجعل العنقوديات MRSA مقاومةً للبيتالاكتامات، تكود إنزيما يخرب المضاد الحيوي أو يعدّله كيميائيا، جاعلا إياه غير فعّال. كما أنّ هناكَ جينات مقاومة أخرى تحمل التعليمات لمضخّة تتوضع في غشاء الخلية وتطرد جزيئات المضادِّ الحيوي التي دخلت الخلية البكتيرية؛ فيبقى تركيزه الداخلي منخفضا بما يكفي لتجنّب الموت.

أين تنشأ هذه الجينات المقاومة؟ ينشأ بعضها نتيجة طفرات عشوائية في الجينات الخاصة بالخلية البكتيرية، كالجين المغاير الذي يستعيض عن الإنزيم المستهدف للسيپروفلوكساسين والكينولونات المفلورة الأخرى بشكل مقاوم للإنزيم نفسه. أمّا الجينات المقاومة الأخرى، فتُلْتَقَطُ من البكتيريا المجاورة؛ فعلى سبيل المثال، إن مجموعة الجينات الخمسة التي تمنح معا مقاومةً تجاه الڤانكومايسين، نشأت أصلا عن البكتيرة التي أنتجت المضاد الحيوي. فقد احتاجت إلى الجينات لحماية نفسها من سلاحها الكيميائي الخاص بها، ولكن البكتيريا الأخرى اكتسبت المقاومة نفسها، ربما من خلال التبادل الجيني المستمر الذي يؤدي إلى اندماج البكتيريا المعروف **بانتقال الجين الأفقي** horizontal gene transfer.

وغالبا ما تقوم بهذه الانتقالات قِطَعٌ دائرية من **الدنا** DNA تدعى **البلاسميدات** plasmids، وهي تتصرف مثل الڤيروسات المُفَكَّكة: فتنتقل من بكتيرة إلى خلية مضيفة جديدة، فتُمَيَّز كقطعة أصلية من الدنا وتُنسَخ باستخدام آلة التنسّخ الخاصة بالمضيف البكتيري. ومما يساعد على انتشارها هو كون البلاسميدات تحمل أيضا جينات تُعزِّز البقاء لمضيفها وأخرى مقاومة للمضاد الحيوي. فقد وُجِدَ أن أحد البلاسميدات المعزولة من بكتيريا في مستنبت معالجة مياه المجاري، يكوّد تسعة جينات مختلفة لمقاومة المضاد الحيوي.

وقد لوحظت أيضا عملية الانتقال الأفقي للجين خلال عَزْلِ العنقوديتين: MRSA و VRSA وبكتيرة ثالثة، وهي **المكوّرة المعوية البرازية** *Enterococcus faecalis*، لدى أحد مرضى **الديال**[5] dialysis نفسه في مستشفى متشيگان عام 2002، حيث أظهَرَ التحليل الجيني لهذه السلالات أنّ البلاسميد الذي يحوي مجموعة الجينات المقاومة للڤانكومايسين (مترافقة مع الجينات المقاومة لثلاثة مضادات حيوية أخرى وإحدى **المُطَهِّرات**[6]) كان قد انتقل من المكورة المعوية البرازية إلى العنقودية MRSA، مُنتجاً سلالة جديدة هي العنقودية VRSA.

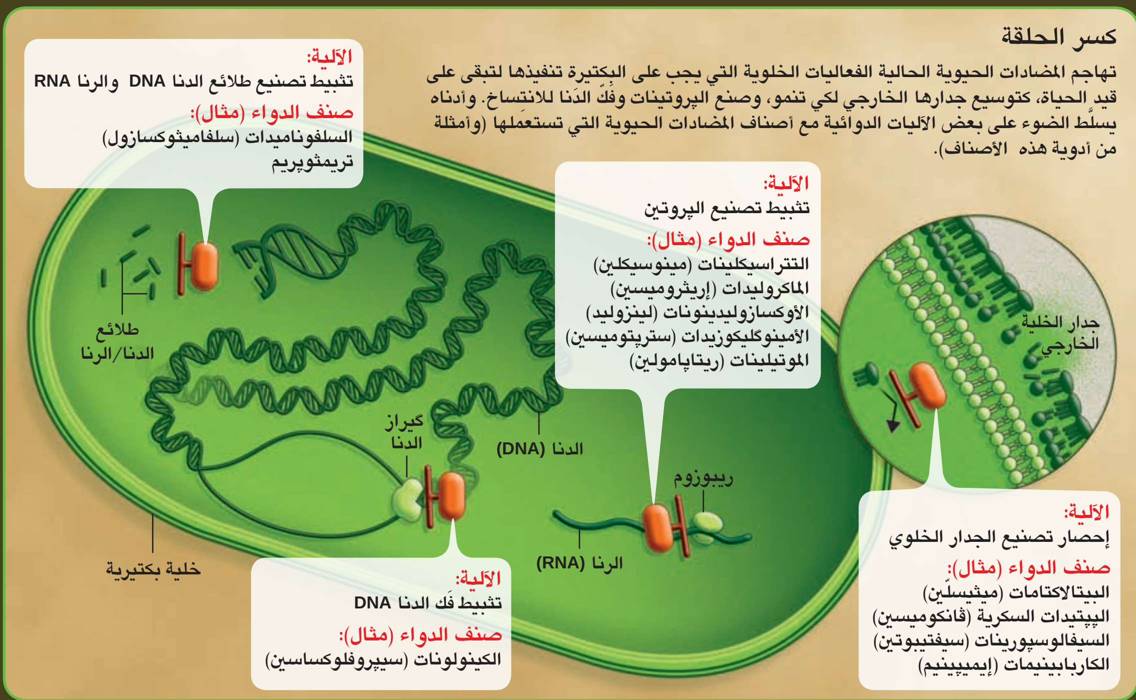
لقد أصبح ذاك المريض المعْتَلّ بشكل مزمن مَعْديا باثنين من العوامل الممرضة البكتيرية مما سبّب العدوى بالثالثة، والتي لم تكن ـ وبكل أسف ـ مفاجئة. ولأنّ وحدات العناية المركزة في المستشفيات ودور المسنين غالبا ما تضم أناسا ضعيفي المناعة وخاضعين لمعالجة مركزة بمضادات حيوية، فهي تشكّل أفضل الأماكن المعروفة لتنسيل بكتيرات جديدة مقاومة للمضادات الحيوية. كما أن المرِّضات والأطباء يسهِّلون، على نحو غير متعمّد، انتقال البكتيرات من خلال تنقلهم من مريض إلى آخر لتبديل الخطوط والقثاطر الوريدية. ولهذا السبب، فإن البرامج التي تشجِّع موظفي المستشفى على تعقيم أيديهم بين لقاء مريض وآخر، ستؤدي حتما إلى تخفيض عدد العداوى.

إنّ العنقودية VRSA، التي لم تنتشر بعد على نحو واسع، حسّاسة لعدد قليل جدا من المضادات

(١) natural selection؛ أو الانتخاب الطبيعي.
(٢) Vancomycin resistant *S.aureus*
(٣) progeny، أو نسلا.
(٤) the enzymes encoded
(٥) غسيل كلوي أو غيره
(٦) disinfectants

آليات المضادات الحيوية الحالية...(*)

تهدف المضادات الحيوية النموذجية الحالية المتوفرة في ترسانة الطبيب إلى قتل البكتيريا عن طريق تدخلها في بعض النواحي الوظيفية الضرورية لحياتها. وتمتلك البكتيريا بدورها طرقا عديدة لتعطيل الأدوية أو تجنبها.



الحيوية المستعملة سريريا، وتتصف عداواها بمعدَّل وفيات عال. وهناك نــوعٌ آخر من العوامل المرضة الناشـئة هو **البكتيـرة الســالبة الغرام المقاومة لمعظم الأدوية**[1]، التي مقاومتها مروعة أكثر. وتمتلك البكتيرة الســالبة الغرام غشاءين خلويين. فالغشاء الخارجي الإضافي يمنع دخول الكثير من المضادات الحيوية إلى الخلايا السالبة الغرام. وتضم العوامل المرضة الســالبة الغــرام، والمقاومــة للمضادات الحيوية المستعملة سريريا جميعها تقريبا، سلالات من ***الإشريكية القولونية*** *Escherichia coli* المُمْرضة المحدثة للتســمم الغذائــي، و**الكليبسيلة الرئوية** *Klebsiella pneumoniae* المتعلقــة بهــا، إضافــة إلــى بكتيرتين انتهازيتــين هما **الزائفة الزنجارية** *Pseudomonas aeruginosa* و**الراكدة** *Acinetobacter* من نــوع *baumannii*، ويمكنهما التســبّب بالتهاب رئويٍّ والتهاب الســحايا وتجرثُم الدم لدى مرضى المستشفيات ضعيفي المناعة.

ومــن الواضح أن على مقدِّمي الرعاية الصحية بــذل كل جهد ممكن للمســاعدة على منع انتشــار البكتيــرة المقاومة ـ ومن ثــم، الجينات المقاومة ـ في المستشفيات وفي المجتمعات. ولكن من أجل تحقيق تلك الجهود ومحاربة البكتيرات المقاومة، ثمة حاجة أيضا إلى مضادات حيوية جديدة.

كانــت الفترة الممتدة من أواخر الثلاثينات حتى بداية الســتينات عصرا ذهبيا لاكتشاف المضادات الحيوية، حيث أنتجت خلالها الأصناف الرئيسـية للمضادات الحيوية المستعملة حاليا جميعها تقريبا. ولســوء الحظ، فالعقود الأربعــة الممتدة بين انطلاق **الكينولونـات** quinolones ســنة 1962 والمصادقة على **الأوكســازوليدينونات** oxazolidinones ســنة 2000 مَثَّلــت فجوةً في الابتكار، إذ لــم يتم أثناءها تصنيــع أيِّ صنف جديد من المضــادات الحيوية. وكان أحد أسباب ذلك هو العوائق الاقتصادية أمام الشركات الصيدلانية في استثمار أبحاث المضادات الحيويــة ـ جزئيا لأنها صعبةٌ، وهوامش الربح معها صغيــرةٌ مقارنة بما يُعرَف بأدوية نمط الحياة والتي يجب اســتخدامها لفترة طويلة لمعالجة حالة كفرط ضغط الدم أو التهاب المفاصل. والســبب الآخر هو أن المضادات الحيوية المســتعملة حاليا اكتُشــفت بتقنيات أصبحت من الماضي، وإيجاد أنواع جديدة سيتطلب استراتيجيات اكتشاف جديدة.

تَحَرَّ وصَنِّعْ(**)

إن معظم المضــادات الحيوية التي تباع حاليا تنتجها البكتيريا والفطريات وهي مشــتقات معدلة كيميائيــا من هــذه المضادات الحيويــة الطبيعية. فالميكروبــات تســتعمل مضاداتهــا الحيوية ضد

(*) current antibiotic mechanisms
(**) seek and synthesize
(1) the pan - drug - resistant gram - negative bacteria

المؤلفان


Michael A. Fischbach

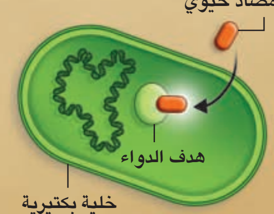

Christopher T. Walsh

*<وَلش> أستاذ الكيمياء البيولوجية وعلم الأدوية الجزيئي في مدرسة هارڤارد الطبية، ويعمل مستشارا وعضو مجلس إدارة في عدد من شركات التقانة البيولوجية والصيدلانية. تتركز أبحاثه على دراسة الآليات التي تستخدمها المتعضيات الميكروبية لاصطناع المضادات الحيوية والجزيئات الأخرى ذات القيمة العلاجية المحتملة. <**فيشباخ**> كان الزميل الأحدث في قسم البيولوجيا الجزيئية في مستشفى ماساتشوسيتس العام، حيث بدأ بالتعاون مع <وَلش> بسبر الجينومات الميكروبية بحثا عن الجينات المنتجة للمضادات الحيوية. وهو حاليا أستاذ مساعد في قسم الهندسة الحيوية والعلوم العلاجية بجامعة كاليفورنيا، في سان فرانسيسكو.*

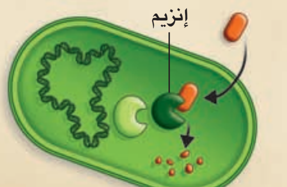
...وكيف تقاوم البكتيريا الهجوم عليها؟(*)

أساليب (تكتيكات) المقاومة

تجد البكتيريا طرقا لمقاومة المضادات الحيوية الحالية عن طريق طفرة وراثية تلقائية أو عن طريق اكتساب جين من كائن حي آخر. وتتمثل الأشكال الثلاثة الأكثر شيوعا من المقاومة بانتشار الإنزيم الذي يخرب المضاد الحيوي أو يعطله، واستخدام مضخة في جدار الخلية البكتيرية تطرح الدواء قبل أن يعمل، والاستعاضة عن البروتين المستهدف للدواء بنسخة مختلفة لا يستطيع الدواء تعرفها. وتُشاهَد العوامل المُمْرِضة التي تستخدم كلا من هذه الطرق تحت كل آلية.



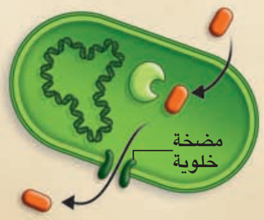
الآلية: تعطيل الدواء



مثال: *الإشريكية القولونية*



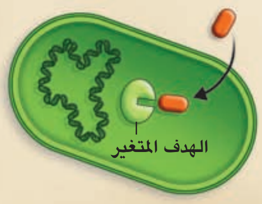
الآلية: طرد الدواء



مثال: *الزائفة الزنجارية*



الآلية: استبدال الهدف



مثال: *العُنْقودِيَّةُ الذَّهَبِيَّة* VRSA

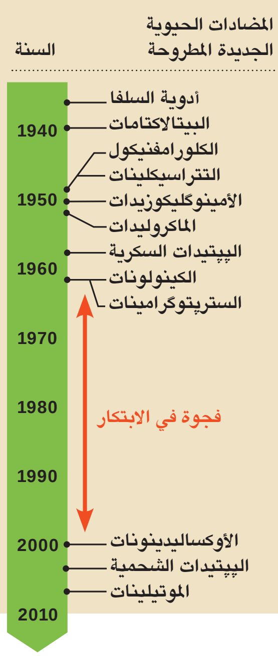


بعضها بعضا «كأسلحة كيميائية»، وربما تُفرزها بتراكيز ضئيلة كجزيئات إشعارية. وكانت الطريقة التقليدية التي يتبعها الباحثون في بحثهم عن مثل هذه المضادات الحيوية الطبيعية تتضمن عزل الميكروبات، من عيّنات التربة غالبا، وجعلها تنمو في المختبر، ومن ثم استخلاص مفرزاتها من **وسط** الزرع medium. ومن خلال اختبار هذه المواد الكيميائية ضد البكتيريا المسببة للمرض، يبحث صُنّاع الأدوية عن الجزيئات التي تمتلك القوة العلاجية. لقد اختبرت شركات الأدوية ملايين المستخلصات البكتيرية بهذه الطريقة، ومع ذلك يوجد في السوق نحو عشرة أصناف فقط من المضادات الحيوية الطبيعية. وقد اكتشفت مضادات حيوية أخرى، لكنها لا توصَف بشكل واسع لأسباب متنوعة، منها ضعف الفعالية المضادة للبكتيريا والسُّمِّية الشديدة.

لقد كانت هذه المقاربات جيدةً في العصر الذهبي لاكتشاف المضادات الحيوية، لكن نتائجها أخذت بالتلاشي الآن. وعلى الرغم من جهود الشركات الصيدلانية المستمرة خلال العقود الخمسة الماضية، فقد انخفض معدّل اكتشاف المضادات الحيوية بوضوح؛ لأن معظم الميكروبات المنتجة للمضادات الحيوية تكوِّن **أبواغا** spores تنتقل من مكان إلى آخر على الكرة الأرضية ـ

ابتكار مضادات حيوية جديدة(**)

لقد أنتجت طرائق اكتشاف الدواء التقليدية عام 1962 آخر الأصناف الجديدة من المضادات الحيوية للأربعين عاما القادمة. والأصناف التي أُدخلت في السنوات الأخيرة، كانت قد اكتُشفت أيضا قبل عقود، لكنها لم تُتابَع في وقتها.



ويمكن للجينات المسؤولة عن إنتاج المضادات الحيوية أن تُنقَل أفقيا، تماما كالجينات المقاومة للمضادات الحيوية ـ فهناك العديد من الميكروبات المختلفة تُصنِّع المضادات الحيوية نفسها. وحديثا تبين أن هناك واحدة من 250 سلالة من البكتيريا (**الشعِّيات** actinomycetes)، تَصنَع **التتراسيكلين** tetracycline. وقد أدت المحاولات العديدة لإعادة اكتشاف المضادات الحيوية من قبل الباحثين إلى استنتاج أن التفتيش عن مضاد حيوي بالأسلوب القديم قد انتهى، فالتحاليل الجينية للبكتيريا أثارت شكوكا حول هذا الاستنتاج، وبدلا من ذلك تقترح ضرورة إيجاد وسائل جديدة.

وغالبا ما تقود التطورات التقانية إلى إعادة تكوين نهج قديم، إلا أنّ اكتشاف مضاد حيوي يبدو وكأنه على حافة مثل هذا الانبعاث الجديد. وتقع الاستراتيجيات الحالية في تطوير مضادات حيوية جديدة ضمن فئتين: تعديل المضادات الحيوية الموجودة، واكتشاف أخرى جديدة كليا. ويؤدي التعديل الكيميائي للمضادات الحيوية المنتجة من قبل الميكروبات إلى مضادات حيوية **نصف صنعية**[1] حيث تبقى البنية المؤثرة سليمة، في حين يتبدل المحيط. والمثال الحديث على هذا الأسلوب بدأ

(*) ... and how bugs fight back

(**) antibiotic innovation

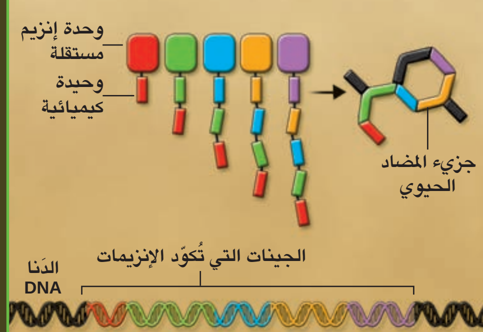
(1) semisynthetic: أو شبه صنعية.

تنقيب الجينات بحثا عن الأدوية(*)

تُصَنَّع معظم المضادات الحيوية المستعملة اليوم من قبل البكتيريا نفسها، فهي تعمل في الطبيعة كشكل من أشكال الحرب الكيميائية ضد المنافسين. ويمكن إيجاد الكثير من هذه الأسلحة الطبيعية أو تعديلها لكي تكون مفيدة أكثر، بتطبيق تقانات تحري الجينومات ومعالجة الجينات.

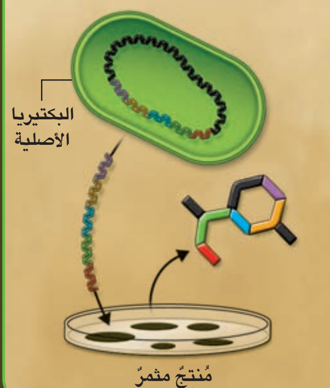
التنقيب عن الجينات

تُصنِّع البكتيريا مضادات حيوية طبيعية معينة ببناء مجموعات إنزيمية منظمة في وحدات مستقلة يضيف كل منها مكوِّنات بالتعاقب. وتلك الإنزيمات تُكوَّد بمجموعات من الجينات، ويمكن للعلماء تحري كامل الجينومات للعديد من أنواع البكتيريا المختلفة مستهدفين مجموعات الجينات التي قد تعطي مضادات حيوية جديدة. وجميع عناقيد الجين المماثلة لا تُعَدّ فعالة ضمن الخلايا، لذا يُعَدُّ التنقيب ضمن الجينوم هو الطريق الوحيد لتعرف هذه المضادات الحيوية «الغامضة».



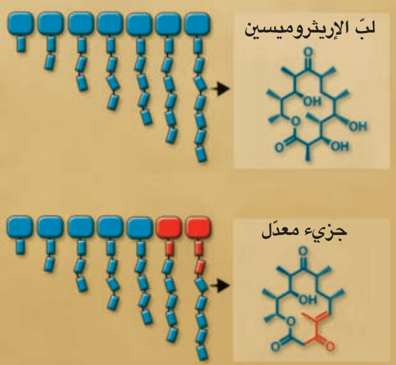
نقل الجينات

عندما يكون مركب مضاد حيوي مكتشف حديثا هاجعا في البكتيرة الأصلية التي تنتجه، أو أنّه يكوّن فيها بكميات أصغر من أن تكفي هذه البكتيرة لتكونَ «مصنعا» للدواء، يستطيع العلماء نقل كامل مجموعة الجينات المكوِّدة للإنزيمات الضرورية إلى متعضٍ آخر أكثر تعاونًا.



تعديل الجينات

يمكن تعديل الدواء للتغلب على المقاومة البكتيرية، وذلك عن طريق الهندسة الجينية للكائن الحي الذي يُصَنِّعه بحيث يستخدم الميكروب وحدات الإنزيم المستقلة الجديدة. ففي مجموعة تجارب، قام العلماء بخَلط وموافقة الجينات لإنتاج 50 نوعا من لبِّ جُزيء الإريثروميسين، مما أدى إلى زيادة النُّسَخ الجديدة منه.



بمضادات حيوية من صنف التتراسيكلينات، التي تُثبِّط آلة تكوين البروتين في الخلية البكتيرية، أيْ الريبوزوم. وتحدث المقاومة تجاه التتراسيكلينات غالبا بمضخة في غشاء الخلية البكتيرية تطرد التتراسكلينات قبل قيامها بعملها ـ وهذا ما أدى إلى مشكلة خطيرة بين البكتيرات السالبة الغرام المقاومة للأدوية.

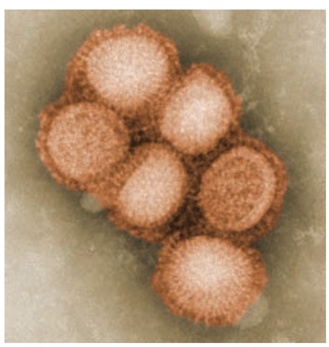
لهذا، قام العلماء في وايث بتصنيع التتراسيكلين المعَدَّل كيميائيا، سُمِّيَ **تيگيسيكلين** tigecycline، ولا يمكن ضخّه خارج الخلايا البكتيرية المستهدفة. وقد صودِقَ عليه من قبَل إدارة الغذاء والدواء FDA سنة 2005. يوصف التيگيسيكلين الآن ضد عدد من العوامل المُمْرِضة المقاومة للتتراسيكلين، ويستعمل عن طريق الوريد، وهذا ما قَصَرَ استعماله في دور الرعاية فقط. ولسوء الحظ، لوحظت مقاومة تجاه التيگيسيكلين بين سلالات من الراكدة نوع *A. baumannii*؛ وسنرى مستقبلا مدى سرعة انتشار المقاومة تجاه التيگيسيكلين.

عوضا عن التعديل الكيميائي للمضادات الحيوية المُنتَجَة ميكروبيا مثل البنسلين والڤانكوميسين والإريثروميسين، فإن العلماء يستطيعون أيضا تعديلها عبر التعديل الجيني للكائنات الحية التي تُنتِجها. تُصنِّع معظم الكائنات الحية مضادات حيوية طبيعية مستخدمةً مجموعات من إنزيمات أو وحدات مستقلة، يقوم كلٌّ منها بإقحام وحدة بنائية في الجزيء النامي للمضاد الحيوي. وبإجراء التبدلات الجينية التي تُعَدِّل جزيئات إنزيمية معينة، يمكن للباحثين تحريض المتعضيات، التي تُستخدم كمصانع لإنتاج المضادات الحيوية، على إنتاج الأدوية التي تختلف ببنية وحيدة في موقع معين. وقد قامت شركة كوسان، وهي شركة تقانة بيولوجية تم شراؤها مؤخرا من قبَل شركة بريستول-مايرز سكويب، بتطبيق هذا الشكل من **الهندسة الجينية المُبَرْمَجة** programmed genetic engineering لإنتاج العشرات من مشتقات **الإريثروميسين** erythromycin التي كان من الصعب تصنيعها باستخدام الكيمياء التصنيعية المعيارية.

ومع أن تعديل مضادات حيوية موجودة هو استراتيجية مثمرة حتى الآن، فمن المفضل اكتشاف أصناف جديدة منها؛ لأنها قلَّما تعاني ظهورا سريعا للمقاومة التي تطول أجيالا متعاقبة من المضادات الحيوية الموجودة.

مكافحة النزلة الوافدة (الإنفلونزا)(**)

لا تمتلك المضادات الحيوية تأثيرا في الفيروسات كسلالة الإنفلونزا الجديدة(١) A (H1N1) (المبينة في الصورة أدناه)، لكن في حال حدوث جائحة مسببة بفيروس الإنفلونزا الجديد، فإن معظم الوفيات يمكن أن تكون ناتجة من العداوى البكتيرية الثانوية التي تؤدي إلى التهاب رئوي. فالإنفلونزا تُضعف عوامل الدفاع في العضوية المصابة وتدعها عرضةً للعداوى بالبكتيريا الانتهازية(٢). وعندما تسبب العنقودية MRSA أو البكتيريا المقاومة الأخرى التهابا رئويا، تصبح الحالة سيئة صعبة العلاج ومميتة أكثر.



تنقيب الجينومات(***)

في السنوات الأخيرة تركّزت الجهود البحثية

(*) Mining Genes for Drugs
(**) Fighting Flu
(***) Mining Genomes
(١) influenza A(H1N1)
(٢) opportunistic bacteria

على تمييز الإنزيمات التي تتطلبها بُقيا البكتيريا، أملا بوجود جزيئات مثبطة لهذه الإنزيمات الضرورية في المكتبات الكيميائية[1]، فيجـري تحويلها إلى أدوية. إلا أنّ الخطوة الأولى قبل مباشـرة هذا البحث، هي تحديد ماهية تأثير فقد الإنزيم في البكتيريا. وبمُجَرَّد فـكّ الباحثين لكود جينوم البكتيرة، أيْ التسلسـل الكامل **لكود الدّنا** DNA code فيها، يمكنهم بعدها تعطيل الجينات التي تكود بعض الإنزيمات ليروا ما إذا كانت تلك البكتيرة تستطيع أن تحيا من دونها.

ومـع أن الجهـود المبذولـة لتعـرّف إنزيمات مستهدفة جديدة، لم تُنتج لسوء الحظ أية مضادات حيوية جديدة؛ فإنها قد تؤتي ثمارها في السـنوات القادمة. والتحدّي الأكبـر هو الحاجز الهائل تجاه الدخـول إلى البكتيـرة الذي يتمثل بجـدار الخلية البكتيرية: فحتى عند اكتشـاف جزيء صغير يثبط بقوة إنزيما بكتيريـا مهما، فهو عديم الفائدة إن لم يسـتطع الوصول إلى هدفه داخل الخلية. وبدلا من البحث عن نقـاط الضعف فـي العوامل المرضة، هناك طريق آخر لاكتشـاف مضادات حيوية جديدة يتمَثّـل بدراسـة الميكروبـات المنتجـة للمضادات الحيويـة، وهنا يمكن **للجينوميـات** genomics أن تكون مفيدة أيضا.

في عـام 2002 طرحـت **تسلسـلات الجينوم** genome sequences الأولـى للبكتيـرة المنتجـة للمضادات الحيوية، لغـزا مثيرا؛ فهذه الميكروبات، من صنف **الشعِّيّات** actinomycetes، كان لديها من 25 إلى 30 مجموعة جينية، التي، وفقا لتسلسـلها، بَدَت كما لو أنها مخططات لوحدات الإنزيم المستقلة، التـي أنتجَت جزيئات شـبيهة بالمضادات الحيوية، ولكـن لم يظهَـر أن البكتيريا تسـتخدم معظم هذه الجينـات. فهي تصنع جزيئا واحـدا أو اثنين فقط عند زرعها في المختبر.

ولرُؤيـة إن كانت مثل هـذه الجينات الهاجعة ظاهريا تكود ماكنات لإنتاج مضادات حيوية مبتكرة، فقد قمنا سـويةً مع عدد من زملائنا في مدرسـة هارڤارد الطبية بسَلْسَـلة جينومات عشرين سلالة إضافية من الشعِّيَّات وطَبّقنا خوارزميات حاسوبية متطـورة لاختيار جينات قـد تحتوي على تعليمات لجزيئات الإنزيمات المنتجـة للمضادات الحيوية. ويمكن أن تساعد دراسة تسلسلات الجينوم حول هذه الجزيئات على كشـف الآليات التنظيمية التي تسـتخدمها الخلايا لتحديد متـى يصنَع مضاد حيـوي ما. وبكلتـا مجموعتي المعلومـات، يمكننا أن نُهَندس الخلايا لتشـغيل الجينات المرغوب بها بحيث يمكننا أن نختبـر الجزيئات الخفية لفعالية مضاد حيوي.

[مصادر جديدة]

توسيع البحث(*)

أظهرت البكتيرة التي تعيش في التربة أنها مصدر غنيٍ لمركبات المضادات الحيوية خلال الحقبة المبكرة لاكتشاف المضادات الحيوية، حيث لم ينظر العلماء كثيرا في هذا الميدان. وإنّ البحث عن مركبات جديدة في البيئات الجديدة ومراقبة المتعضيات يُنْتِج جزيئات من المضادات الحيوية ذات آليات تختلف كفايةً عن الأصناف الحالية لتجنب المقاومة.



متعضيات بحرية

تُعَدّ البيئات الصارمة مكانا جيدا للبحث عن مواد كيميائية غير عادية؛ لأن المتعضيات التي تُنتجها تستجيب للظروف والتهديدات الغريبة. فعلى سبيل المثال، يصَنَّع المضاد الحيوي القوي الجديد الأبيسوميسين **abyssomicin** من قبَل البكتيرة ***Verrucosispora*** (في الزرعة ***in culture***، ***في اليمين***)، وكبويغة ***spore***، ***في اليسار***)، وهي بكتيرة تعيش في بحر اليابان على عمق نحو 300 متر.





ميكروبات متعايشة

يؤدي التعاوُن إلى التخصص، والمتشاركون في علاقات التعايش يُنتجون جزيئات عالية الاستهداف. فالفطر الذي يعيش على خنفساء غابات الصنوبر الجنوبية يساعدها على هضم لب الخشب. وفي المقابل، تؤدي الخنفساء دور مضيف للبكتيرة التي تُنتج عاملا قويا مضادا للفطور، وهو يُبيد الفطر المنافس في حين أنه ليس له تأثير في الفطر المتعايش معها.



المنتجون غير المتعايشين

تُعَدّ بعض البكتيرات مولدات خصبة جدا للمضادات الحيوية الجديدة، ولكنها عاجزة أو ممتنعة عن أن تنمو في الظروف المختبرية والصناعية. فالبكتيرة ***Stigmatella aurantiaca*** (***في اليسار***) تُصنّع جزيئا شبيها بالمضاد الحيوي يسمى ميكسوكروميد ***myxochromide***، لكنها مثل أقرانها في مجموعة البكتيرات المخاطية ***myxobacteria*** من الصعب زراعتها. ويُمكن، باستخدام أدوات جديدة لنقل الجينات ذات العلاقة إلى البكتيريا الأكثر رغبة في الإنتاج، استكشاف الفصائل التي كانت مهملةً حتى الآن بحثا عن جزيئات مفيدة.

وبَدَلا من محاولة جَعْل البكتيريا تصنَع مضاداتها الحيوية وفق الطلب، ارتـأت مجموعة بحثية بجامعة زارلانـد في ألمانيـا نقل الجينـات المصنِّعة للمضاد الحيـوي مـن مُنتجيها المتعين إلـى بكتيرة أخرى تبدو أكثر ملاءمة لصناعـة المضاد الحيوي. فَها هو <R. مَلَرْ> وزملاؤه يعملـون على **البكتيرة المخاطية** myxobacteria كالشـعيّات، وهـي مُنتجات خصبة للمضادات الحيوية. ولمّا كان زرعها في المختبر أكثر صعوبة مقارنة بالشـعيات، لم توفق الجهود المبذولة في إعدادها لإنتاج مضاد حيوي جديد. تَغَلَّب <مولَرْ> على هذه المشكلة بتضفير الجينات

المتعضيات في الأوضاع الغريبة هي الأكثر احتمالا لِصُنع مضادات حيوية جديدة.

(*) Expanding the Search

(1) مكتبة كيميائية: A chemical library = مخزن لمواد كيميائية ترفق كل واحدة منها بمعلومات في قاعدة بيانات، مثل: بنيتها ونقاوتها وكميتها وخصائصها المميزة الفيزيائية الكيميائية. (التحرير)

المسؤولة عن إنتاج **الميكسوكروميد** myxochromide، وهو جزيء مشابه للمضاد الحيوي، من **البكتيرة المخاطية من النوع** *Stigmatella aurantiaca*، ونقلها إلى **الزائفة الكريهة** *Pseudomonas putida*، وهي سلالة بكتيرية سهلة النمو شاع استخدامها في الإنتاج التجاري للإنزيمات المستعملة صناعيا. وبتجاوزه لتحدّيَيْن رئيسيين - إيجاد المضيف البكتيري القابل للتعامُل معه جينيا والذي يمتلك البنية التحتية الاستقلابية المطلوبة لإنتاج المضاد الحيوي، وتطوير التقنيات لنقل شُدَف الدَنا الكبيرة من ميكروب إلى آخر - يَفْتَح عمل <مولَر> الباب لاكتشاف العديد من المضادات الحيوية الجديدة

يستطيع العلماء تعديل الأدوية بواسطة الهندسة الوراثية للمتعضيات التي تُنتِجها.

من **البكتيرة المخاطية** myxobacteria وإنتاجها، ويوحي أنَّ دراسة تسلسل جينوم البكتيرة المخاطية على نحو واسع سيكون مفيدا جدا.

إضافةً إلى استكشاف ميكروبات التربة غير المُستَغَلّة، يمكن للباحثين توجيه اهتمامهم إلى الأماكن البيئية غير المكتشفة بعد، والتي يمكن أن تكون مثمرةً لأنه من المرجّح أن تَصْنَع المتعضيات في الأماكن الغريبة مضادات حيوية لم تكتُشَف بعد. وقد قامَ <R. سَسْمَثْ> وزملاؤه [من جامعة Tubingen في ألمانيا] باكتشاف مضاد حيوي جديد سُمّيَ أبيسوميسين abyssomicin وتم عزله من شُعَيّة من **عينة ثُفالَة**[1] مأخوذة من عُمْق 289 مِتْرا في بحر اليابان. كما أن مجموعة أخرى تدرس البكتيريا البحرية - قامت بسلسلة الجينومات لاثنتين من السلالات الشعيّة البحرية غير المعروفة سابقا. وقد أظهَرت هذه الجينومات صَفّا متنوِّعا من الجينات للمضادات الحيوية والجزيئات المتعلقة بها، مقدِّمةً دليلا إضافيا على إمكان البكتيريا البحرية إنتاج أصناف جديدة من المضادات الحيوية.

وهناك مقاربة مختلفة لتنقيب الأماكن البيئية (الإيكولوجية) الجديدة بحثا عن أدوية مفيدة، وهي دراسة الميكروبات التي تشترك في **تبادل المنفعة (التعايش)** mutualism (أي تآثرات بين الأنواع ينتَفِع منها الطرفان). فمثلا، من المعروف أن خنفساء الصنوبر الجنوبية تحمل معها فطرا متعايشا يهضم لب أشجار الصنوبر التي تغزوها هذه الخنفساء. لقد ظلت كيفية حماية الخنفساء لنصيرها المتعايش الفطري من سلالة فطرية ثانية معاكسة له على الغذاء، لغزا إلى أن أظهر كل من <C. كيري> و <J. كلاردي> ومجموعتيهما البحثيتين [بجامعة ويسكونسن في ماديسُن وفي مدرسة هارفارد الطبية] أنَّ هذه الخنفساء تحمل ميكروبا متعايشا آخر - هو أحد الشُعَيّات - يُنتِج عاملا قويا مضادا للفطور غير معروف سابقا. وهذا الجزيء يُسَمّى **مَيْكانگيميسين** mycangimycin يقتل الفِطر المعاكس وليس المتعايش معه.

لقد أظهر <J. پيَال> [من جامعة بون في ألمانيا] وجود نوع مختلف من الخنفساء وإسفنج بحري يؤوي كل منهما متعايشات بكتيرية تُنتِج جزيئات شبيهة بالمضاد الحيوي. وفي ألمانيا أيضا، اكتَشَفَ <C. هَرْتوك> [من معهد هانس - نول في جينا] فِطْرا يحمِل متعايشا بكتيريا خاصا به، يُنتِج دواءً شبيها بالمضاد الحيوي يدعى **ريزوكسين** rhizoxin. في الواقع، إنّ

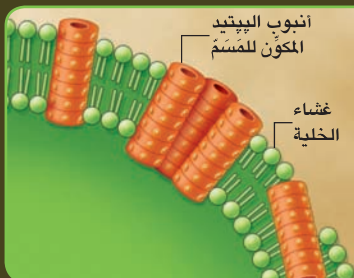
[استراتيجيات جديدة]

الطرق المبتكرة للتغلب على البكتيريا(*)

إضافة إلى تحسين المضادات الحيوية الحالية والسعي إلى إيجاد جزيئات جديدة ذات تأثيرات مشابهة لتأثيراتها، يُتابع الباحثون أيضا الأساليب المبتكرة لإبادة البكتيريا المرضة أو تعطيلها. إنّ للكثير من هذه الأساليب فائدة إضافية تتمثَّل في تفادي الآليات التي تقود عادة إلى ظهور المقاومة.

إحداث الثقوب

بدلا من مهاجمة الإنزيمات البكتيرية أو عمليات الحياة فيها، تستطيع الأنابيب المكوِّنة للمَسامّ pore-forming tubes القتل بواسطة ثَقْب غشاء الخلية البكتيرية ببساطة. وإن البروتينات الموجودة طبيعيا والمسماة defensins تؤدي وظيفة مشابهة عند الفقاريات للدفاع ضد الميكروبات. وتطور مجموعات بحثية عدة شُدَفا بروتينية صنعية تسمى پپتيدات peptides تتجَمَّع ذاتيا فتكون أنابيب ضمن الأغشية البكتيرية.



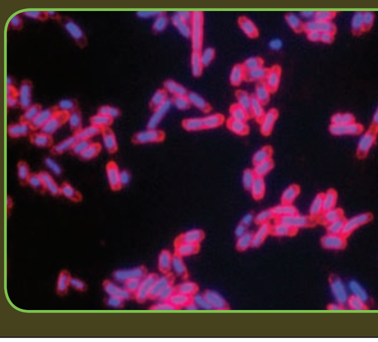
الاستهداف الضيق

العاثيات البكتيرية *(اللون الأخضر)* هي الفيروسات التي تخمج infect بكتيرة *(اللون الأزرق)* مفضلةً مضيفا واحدا فقط في الحالة المثالية. تُدرَس هذه العاثيات منذ فترة طويلة بغية تعرف إمكان استخدامها ضد البكتيريا الممرِضة، ولكنها تمثِّل أيضا المبدأ المُستَبطن خلف الأدوية الجديدة «المحدودة الطيف»، والتي تستهدف عاملا مُمْرِضا واحدا فقط، تاركة الخلايا البشرية والبكتيرات الصديقة سليمة.



كبح من دون قتل

تُعد المحافظة على العامل المُمرِض نفسه - ولكن بنزع قدرته على إحداث المرض - طريقة لمعالجة المرض من دون تطوير مقاومة تجاه المضادات الحيوية. والمثال على هذا الأسلوب هو *الإشريكية القولونية (اللون الأحمر)* المهندسة وراثيا والمصمَّمة لتحاكي الخلايا في أمعاء الإنسان. فعندما تُستهلك *الإشريكية القولونية* غير المؤذية، فإنها تمتصّ على نحو مميت ذيفان الشيغيلة shiga toxin *(اللون الأزرق)* المُنتَج من ميكروب آخر.



(*) novel ways to beat bugs

(1) sediment sample



podophyllotoxin **والكامپتوثيسين** camptothecin دواءان مضادان للسرطان كثيرا الاستعمال، واعُتقدَ لمدة طويلة أنهما يُصْنَعان من قِبَل النباتات، لكنهما فعليا يُنتَجان من قِبَل فطريات تعيش داخل تلك النباتات. ومع أنّ الميكروبات المتعايشة لا تزال في بداية اكتشافها، فهي من بين أكثر المصادر الواعدة للمضادات الحيوية الطبيعية المنشأ، وقد تتضمّن مركبات تعرّف أصنافا جديدة من المضادات الحيوية أو لديها آليات عمل جديدة. إضافة إلى ذلك، فاستكشاف دور الميكروبات المتعايشة ضمن أجسامنا يقود إلى مقاربات جديدة للمعالجة بالمضادات الحيوية.

حماية الحلفاء(*)

إن البَشَر، مثلهم مثل الحشرات والإسفنجيات، يؤوون تنوعا غنيا من المتعايشات البكتيرية التي تؤدّي مجموعةً من الوظائف المفيدة تمتد من مساعدتنا على هضم الغذاء إلى تعزيز التطور الملائم لأجهزتنا المناعية. ولسوء الحظ، فالمضادات الحيوية التي تباع حاليا جميعها أدوات عمياء؛ لأنها لا تقتل العوامل المرضة التي تسبب العداوى فحَسْب، بل تقتل أيضا المتعايشات البكتيرية المفيدة لنا التي تسكن أمعاءنا. وفي بعض الحالات، يُمهِّد هذا الاستئصال لفلورا أمعاء المريض الطريقَ أمام سلالة مؤذية مختلفة من البكتيريا، **مثل المطثية الصعبة** *Clostridium difficile*، لتتكاثر وتسبب عداوى جديدة «ثانوية» قد تكون أكثر خطورةً من الأولى.

إنّ استخدام الميكروبات الصديقة أو المواد التي تعزّز نموّ المتعايشات، بحيث يمكنها منافسة العوامل المرضة، يُعَدُّ أسلوبا لمنع العداوى البكتيرية. ومع أنّ مثل هذه المعالجات «**بالتعايش التكافلي**» probiotic يمكن أن تُفيد في تجنب استعمال المضادات الحيوية الواسعة الانتشار الذي يعزز المقاومة، فإن **المتعايشات التكافلية** probiotics لَمْ تبرهن قَطُّ فعاليتها في معالجة أية عداوى موجودة.

ومع ذلك، فإن تطور معارفنا حولَ مساعدة الفلورا الميكروية الطبيعية في أمعائنا على تجنُّب العداوى قادَ إلى استراتيجية جديدة في اكتشاف مضادات البكتيريا: تطوير أدوية محدودة الطيف مصمَّمَة لقتل العامل المُمْرِض المسبب للعدوى من دون أن تمس بتأثيرها بقيّة متعايشاتنا البكتيرية. وعلى سبيل المثال، قام حديثا <N. ستوكس> وزملاؤه في پروليَسس، وهي شركة تأسَّسَت حديثا في أكسفورد بإنكلترا، بتطوير مضاد حيوي جديد يبيد العنقودية MRSA ومشابهاتها وذلك بمنع انقسامها الخلوي، في حين تُبقي البكتيرات الأخرى سليمة. وقد قادَ <V. نيزَت> و<A. وانْگ> [وكلاهما من جامعة كاليفورنيا] و<E. أولدفيلد> [من جامعة إلينوي] فريقا دَفَعَ هذا المفهوم خطوةً إلى الأمام. فقد اكتشفوا دواءً يحصر تصنيع **الجزيء الصباغي** pigment molecule الذي يسهم في فوعة العنقودية MRSA، ومن ثم قدرتها على الإمراض، من دون أن يقتل البكتيرة.

تُضيف الأساليب التجريبية لتثبيط الفوعة البكتيرية فائدةً من حيث احتمال تفادي الآليات المولِّدة للمقاومة، فإذا لم تُبدِ المعالجة عاملا مُمْرِضا ما، فإن الانتقاء الطبيعي لايستطيع أن يبقي العوامل المُمْرِضة الأخرى على قيد الحياة، فيَقِلّ احتمال تطور السلالات المقاومة. وبالمثل، فإن أسلوب الطيف المحدود يعتمد على إيجاد هدَف فريد وضروري لحياة البكتيرة المُمْرِضة ولا يحدث في البكتيرات الأخرى. لذا، حتى لو استطاعَ الميكروب المستهدف تطوير مقاومة تجاه الدواء في نهاية المطاف، فهي على الأقل شكل من المقاومة ومن غير المرجح انتشاره، ومن ثم يكون الدواء مفيدا في العوامل المُمْرِضة الأخرى.

وستبقى رؤية ما إذا كانت مثل هذه المعالجات، وحدها أو كجزء من مجموعة معالجات، ستُثبت أنها عملية في العالم الحقيقي. ويرى البعض، أن هذه الأدوية تتطلب اختبارات تشخيصية سريعة تستطيع أن تُحدِّد بدقة العامل المُمْرِض المسؤول عن عداوى المريض، وقد طُوِّرت مثل هذه الاختبارات، ولكنها ليست مستخدمة على نحو واسع. ورُبَّما تكون المضادات الحيوية المحدودة الطيف، بتطبيقاتها الضيقة، غير مربحة اقتصاديا بالنسبة إلى شركات الأدوية.

إنّ فكرة تطبيق قياس واحد على المضادات الحيوية جميعها لم يعد مقبولا. وخلال الستينات والسبعينات من القرن الماضي ساد الاعتقاد أن الأمراض المعدية على وشك أن تُهزم. وثمّة تقارير حديثة جدا في الصحافة الشعبية، تشير إلى أن البكتيريا المتعددة المقاومة تجاه الأدوية جَلَبَت إلى حد ما «نهاية المضادات الحيوية». ولكننا نعرف الآن أنّ كلا الاعتقادين ليسا صحيحين: فقد لا يربَح الإنسان هذا السباق مع الزمن على نحو حاسم، ولكنّ علاجات القرن الماضي الجديدة أبقَتنا خطوةً أمام العوامل المُمْرِضة. ويجب بَذل كل جهد ممكن للمحافظة على تقدمنا هذا. ■

(*) Preserving Allies

مراجع للاستزادة

Antibiotics: Actions, Origins, Resistance. Christopher Walsh, ASM Press, 2003.

Antibiotics at the Crossroads. Carl Nathan in *Nature*, Vol. 431, pages 899–902; October 21, 2004.

New Antibiotics from Bacterial Natural Products. Jon Clardy, Michael A. Fischbach and Christopher T. Walsh in *Nature Biotechnology*, Vol. 24, No. 12, pages 1541–1550; December 2006.

Superbugs. Jerome Groopman in *New Yorker;* August 11, 2008.

Scientific American, July 2009

التلفاز لكل شيء(*)

تقف الإنترنت جاهزة لتقلب خبرتنا في مشاهدة التلفاز رأسا على عقب. أمَّا كيف بالضبط، فتلك مسألة يدور حولها جدل كثير.

<M. مويَر>

ينبغي ألا تعتبر المسألة صعبة للغاية. ففي عصر أصبحت فيه جميع أشكال وسائط الإعلام تقريبا رقمية، وأصبحت فيه الإشارات **العريضة النطاق**[1] تجري عبر العالم الصناعي - بلا تلكُّؤٍ ولا خطورة - جريان الكهرباء والماء النقي، يجب أن يكون من الممكن للمرء أن يجلس على أريكته، وأن يضغط زرا أو زرين ليستدعي إلى تلفازه أي شكل من أشكال التسلية الڤيديوية التي يرغب فيها: أفلام أُطلقت حديثا، أو حلقة الأسبوع الماضي من المسلسل *Lost*، أو أول موسم لفريق كرة القدم *Cosmos*. ويجب ألا يتطلب إعداد التلفاز إجازة في الهندسة الكهربائية، وألا يضطر المرء إلى الخوض في عشر وظائف بحثٍ غير متوائمة للعثور على العرض الذي يرغب فيه.

إلا أنه من غير السهل أن تشاهد ما ترغب فيه حينما تريد. وتعليل ذلك ليس بسيطا، لأنه يتوقف على الظروف التقانية، بقدر ما يتوقف على المخاوف المحقَّة للقوى الصناعية الراسخة. فتوزيع المحتوى الرقمي يهدد أنماط أعمالها على نحو لا مثيل له في تاريخ وسائط الإعلام. ولكن، وفقا لما بَيَّنَتْه صناعة الموسيقى بجلاء تام، فإن مقاومة رغبة المستهلك في الحصول على محتوى غير محدود هي لعبة الخاسر. يقول <D. سيرلز> [الزميل في مركز بركمان للإنترنت والمجتمع في جامعة هارڤارد]: «أنا على يقين من أن التلفاز بشكله الذي نعرفه سوف ينتهي بعد خمس سنوات من الآن، إنه سوف يصبح تجربة دامت 60 عاما، ولا بدّ أن يتبعها شيء آخر.» فقد راحت كُبريات استديوهات الأفلام **تُحمِّل (تُنزِّل)** upload أنْفَسَ ما لديها من مادة على الوِب، وظهر كثير من الأدوات الواعدة بمساعدة المستهلك المرتبك على استجرار ثروة الإنترنت إلى تلفازه. وثمة معارك ناشبة فيما وراء المشهد الرقمي سوف تحدِّد مستقبل الڤيديو لعقود قادمة.

الحقبة الثالثة؟(**)

[illegible]

صحيحٌ إن الكِبال وسَّعت قائمة المحتوى المتوفر إلى حد بعيد، إلا أن ذلك لم يكن بلا ثمن: فما كان يوما متاحا على الهواء مجانا، أصبح الآن مرفقا بفاتورة شهرية باهظة. لقد كانت التلفزة من الشبكة تتموّل حصريا من الإعلانات التجارية. أما شبكات التلفزة الكبلية، مثل الشبكة MTV والشبكة Food Network، فتتقاضى رسوما تقدَّر بنحو ربع دولار وسطيا للزبون شهريا، تأتي ضمن فاتورة الاشتراك في الكبل (لا ينطبق هذا الوسطي على الشركة ESPN التي تطلب نحو 3 دولارات شهريا من شركات الكبال عن كل زبون).

وفي أواخر تسعينات القرن العشرين، وجد المهندسون العاملون لدى الشركة المستحدَثة حينئذ Home@ أسلوبا لتقديم البيانات الرقمية ضمن إشارات التلفاز الكبلي. وهذا يعني أنه يمكن لزبائن الكبال أن يحصلوا على شبكة الإنترنت العريضة النطاق من دون بنية تحتية إضافية. وثمة اليوم نحو 36.5 مليون أسرة في الولايات المتحدة

مفاهيم مفتاحية

- إن الڤيديو العالي الجودة هو في طور الانتقال إلى البقاء المباشر على الخط، ولكن قوى نافذة في صناعتي التلفاز الكبلي والتسلية تحاول إبطاء العملية والتحكم فيها.
- إن بنية النفاذ إلى النطاق العريض في الولايات المتحدة تجعل تقديم محتوى الإنترنت ملحقا بمحتوى التلفاز الكبلي.
- تتطلب مشاهدة محتوى الإنترنت على التلفاز واجهة مستخدم تكون قوية إلى حدّ، تُمكِّن من العثور على المحتوى شبه اللانهائي المتاح مباشرة على الخط وتنظيمه، ويكون استعمالها سهلا تكفيه أداة بسيطة للتحكم فيه من بُعد.

محررو ساينتفيك أمريكان

(*) The Everything TV
(**) The Third Era
(1) broadband
(2) الكبل تعريب لـ cable جمعها كِبال، قياسا بحبل جمعها حِبال.



تستخدم مودمات كبلية للنفاذ إلى الوِب، مما يجعل ذلك الأسلوب للنفاذ إلى الإنترنت الأكثر شعبية في الولايات المتحدة. ومن السخرية بمكان أن يكون الشيوع النسبي للنطاق العريض الكبلي نفسه هو إحدى القوى الرئيسية التي تعوق الجيل الثالث من التلفاز.

لقد نمت الشركات الكبلية فتحولت إلى شركات عملاقة تقدم الجيل الثاني من التلفاز. إنها شركات توزيع تلفازي تقدم الإنترنت أيضا، على هامش التوزيع التلفازي. لذا، ومع أن الأعمال الهندسية الجارية هنا وهناك تسمح لها بضخ الإنترنت عبر أسلاكها النحاسية، فإن نُظُمها مازالت مستمثلة للتلفاز. ففي النُّظم الكبلية، تأتي الوِب ضمن عرض النطاق المخصص لمجموعة قنوات تلفازية. وما هو مخصص للوِب من موارد فيها لا يتجاوز ما تستخدمه الشركة ESPN وأخواتها الأربع. يقول <سيرلز>: «ثمة مجموعة من المواصفات الهندسية الثابتة تتطلب جميعها تقريبا أن تكون شبكة الإنترنت ملحقة بالتلفاز.»

وثمة عدد مماثل تقريبا من الأُسر الأمريكية، تستقبل الإشارات العريضة النطاق عبر خدمة خط المشترك الرقمي (DSL)[1] التي تقدمها شركات الهاتف. والحكاية هنا هي نفسها أيضا: فالبنية التحتية الموجودة، وهي في هذه الحالة خطوط الهاتف النحاسية، كُيِّفت لاستيعاب إشارات الإنترنت العالية السرعة، لكنها أبقت الإنترنت في المقام الثاني في هذه البيئة الإلكترونية أيضا.

إن هذه البيئة تجعل من المستحيل تقريبا الحصول على متعة في مشاهدة الڤيديو مشابهة لمتعة مشاهدة التلفاز؛ وذلك بسبب البنية التحتية الموجودة التي تحدُّ من جودة النطاق العريض المتاح: فالولايات المتحدة تأتي في الموقع الثامن عشر من حيث السرعة الوسطية للتحميل[2] (للتنزيل) بالنطاق العريض، وهي سرعة أبطأ من سرعات رومانيا وأيسلندا وجمهورية التشيك. إن متوسط سرعة التحميل في كوريا الجنوبية، التي تحتل المرتبة الأولى عالميا، يساوي تقريبا ثلاثة أمثال سرعته في الولايات المتحدة. ووفقا لرأي <P. ماكنِي> [نائب رئيس فريق النظم الشخصية لدى الشركة HP وكبير التقنيين فيه] تُعتبر شبكة الإنترنت في الولايات المتحدة «موردا مقيدا من حيث الأساس.»

ومع ذلك، ثمة أمل. فصحيح إن شركات الاتصالات، مثل الشركتين Verizon و AT&T، توزع أيضا برامج تلفازية عبر خطوطها الهاتفية، إلا أنها ليست مرتبطة ارتباطا وثيقا بأول نموذج للتلفاز كحال شركات الكبال. إن عملها الأساسي هو تقديم الخدمة الهاتفية. ومع توقف الأمريكيين عن الاشتراك في خطوط الهاتف الأرضية المكرَّسة على أساس خط لكل مشترك ـ وفق آخر إحصاء، تعتمد أسرة من كل خمس أسر أمريكية على الهاتف النقال كليا ـ فقد بدأت تلك الشركات ببناء الجيل التالي من خطوط نقل البيانات التي تصل إلى المنازل: كبال **الألياف الضوئية**[3]. إن عرض النطاق في هذه الكبال يصل إلى 30 ميكابايت في الثانية، لكل من التحميل من الإنترنت والترحيل إليها (التحميل عليها)[4]، وهذه سرعة تساوي 10 أمثال السرعة التي يحتاج إليها زبون النطاق العريض. وهذا يوفر حيزا واسعا لتحميل الڤيديو العالي الوضوح بكامل خصائصه من الوِب، وللتحميل السريع للڤيديو إلى الموقع YouTube أيضا. إنها أول بنية تحتية على مستوى منطقة كاملة، مصممة ومبنية للإنترنت من حيث المبدأ.

وقبل أن يصل الڤيديو من الإنترنت إلى شاشة تلفازك، يجب أولا أن يكون هذا الڤيديو محمّلا عليها مباشرة. وهذا ما يُخيف أصحاب حق الملكية كثيرا. فأصحاب استديوهات الأفلام قلقون من القرصنة. وتخشى شركات الإذاعة على الهواء، مثل الشركة NBC، أن تنتهي إلى ما انتهت إليه صناعة الصحافة، بخسارة المشاهدين الذين انتقلوا إلى الوِب، مع أنهم ليسوا من أصحاب دولارات الإعلانات التجارية. ويعلم الذين يذيعون البرامج التلفازية الكبلية أنه عندما ينمو تقديم البرامج عبر الإنترنت بقدر كبير يكفي لجعل الزبائن يستغنون عن اشتراكاتهم الكبلية لديهم، فإن الرسوم التي يتقاضونها، والبالغة 25 سنتا للمشترك شهريا، سوف تتبخر أيضا (تبين استطلاعات السوق أن الزبائن الذين تنقصهم السيولة النقدية سوف يستغنون عن الكبل قبل استغنائهم عن النطاق العريض للإنترنت). يقول <P. لاي> [مؤسس الشركة الاستشارية Inside Digital Media]: «إن أصحاب حقوق الملكية يحاولون تنسيق الوضع على نحو لا يتحرك فيه المحتوى إلا إذا دفعت ما يقابله.»

لذا يقوم مزوِّدو المحتوى، وهم حذرون، بتجريب وسائل لتقديم بضاعتهم عبر الإنترنت. وأول طلقة رئيسية في هذه التجربة هي الموقع على الوِب Hulu.com، الذي تشاركت في إطلاقه الشركتان NBC و Fox في عام 2008 (وشاركت فيه أيضا الشركة Disney، أمُّ الشبكة ABC). إن هذا الموقع

(١) digital subscriber line
(٢) download
(٣) fiber-optic
(٤) uploads and downloads



* نسبة الأسر التي لديها نطاق عريض غير متوفرة.

هــو موطن معظم العــروض الشــعبية التي تُذاع على الخط في شــبكات الإذاعة تلك. وهو يُرســل الڤيديو على نحو لا يستطيع فيه المستخدم النهائي تســجيله للاحتفاظ به، ولا يستطيع التهرب أيضا من مشــاهدة الإعلانات، ونجح ذلك نجاحا هائلا بــكل المعايير. وعنــد كتابة هذه المقالــة، كان هذا الموقع ثاني أشهر مواقع الڤيديو في الإنترنت (بعد الموقــع YouTube). ووفقا لخدمة التقييم Nielsen، يمكن أن تقفز مراتــب برامج، مثل البرنامج *Lost* الذي تبثه الشــبكة ABC، بنحــو 25% لو تضمن التقييم مباشرة آراء المشاهدين عبر الإنترنت.

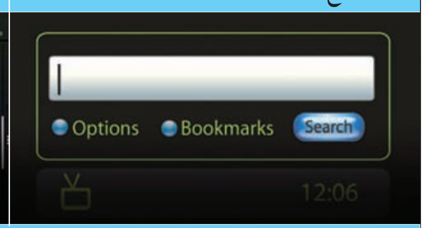
إلا أن الڤيديــو المجاني يمثــل تهديدا صريحا لصناعة الإذاعة الكبلية، التي بُنيت على فرضية أن الزبائن ســوف يدفعون 50 دولارا، أو أكثر، شهريا مــن أجل تنويع البرامج. لــذا، لن تجد عروضا من القناتــين Discovery و MTV فــي أي مــن المواقع الممولة حصريا من الإعلانات. وبدلا من ذلك، بدأت حاليا صناعة الإذاعة الكبليــة بتجريب مواقع على الوِب تتطلب إثباتا للاشتراك فيها. أي، إنك تستطيع مشــاهدة هذه البرامج على الوِب فقط إذا اشتركت في تلفاز الكبل أيضا. وقد أدخلت الشركتان Time Warner و Comcast هذا العام نظام «التلفاز في كل مكان»(2) الذي ســوف يتضمن فــي البداية محتوى من ست شــبكات، تشمل الشبكات: CBS و AMC و TNT. وإذا اســتطاعت الشــركتان تجنيد قنوات أخرى في المشروع، فإن «التلفاز في كل مكان سوف يتفوق على المحتوى الذي يولده المستخدم، وسوف يكون أعظم شــيء في ڤيديــو الإنترنت»، وفقا لقول <B. روبرتس>، المدير التنفيذي للشركة Comcast.

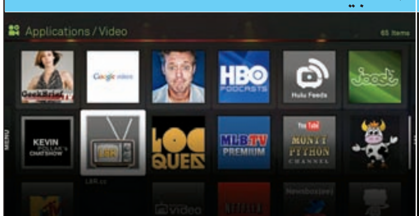
إن ما يُغري شــركات الكِبال واضح: ليس ثمة من خطر يقوض الاشتراكات في الكبل إذا ما تطلّب الڤيديو اشــتراكا في الكبل. يقول <ســيرلز>: «إن شركات الكبال معنية أيضا بتقديم محتوى الإنترنت، ومن أجــل حماية النمط الرئيســي للمحتوى الذي ينقلونــه، والذي مازال تلفازيا، فــإن لديهم الحافز للدوس بقوة على دوّاســة كابح الڤيديو عوضا عن دوّاسة البنزين.»

ليس هذا الكابــح جليا في أي مكان جلاءه في قيــود التحميل مــن الإنترنت التي بدأت شــركات الكبــال بفرضها على زبائنها. وتحت غطاء الحماية مــن تبادل الأفــراد للمحتــوى فيمــا بينهم، حيث

مشكلة التحكم من بُعد(*)

إن استكشــاف محتوى الإنترنت بواســطة الحاسوب بسيط جدا: يكفي استخدام لوحة المفاتيح والفــأرة فقــط. وبعدمــا تصل الإنترنت إلى شاشــة التلفاز، يحتاج المشــاهدون إلــى نظام يتيح استكشافا سهلا على الشاشة وهم على أرائكهم، أي إلى ما يسمى «واجهة المستخدم من مسافة عشــر أقــدام.» والمرشــحان الرئيســيان لتحقيق ذلك هما نظامــان يقوم أحدهمــا على المتصفح، ويقوم الآخر على الضبائط(1). ولكلا النظامين محاسنه ومساوئه.





المتصفح	الضبيطة
الماهية	
تماما كما في الحاسوب العادي، يسمح لك متصفح الإنترنت بالنفاذ إلى أي شيء في الوِب بالنقر على علام صفحته أو بكتابة عنوانه.	تُظهر شاشة التلفاز مجموعة منتقاة من الأيقونات، أو الضبائط. وكل ضبيطة تسمح بالنفاذ إلى خدمة مستقلة، مثل موقعي YouTube و Hulu.
العتاد	
تحتاج كتابة عناوين الوِب وتعقُّب الوصلات، إلى لوحة مفاتيح وفأرة لاسلكيتين، وهذا يمثل إضافة غير مرحب بها إلى غرفة المعيشة.	لا تتطلب بساطة التحرك باتجاه أيقونة والنقر عليها إلا استخدام أداة عادية للتحكم من بُعد.
القيود	
تستطيع الحصول على أي شيء تريده من الموجود في الإنترنت. وهذا الحل يحوِّل تلفازك إلى شاشة حاسوب كبيرة عمليا.	لا تظهر على التلفاز إلا الضبائط المُقرة فقط، وهذا ما يضع خيارات من المحتوى في يد غيرك. فمثلا، الموقع Hulu حجب محتواه عن ضبائط الموقع Yahoo!.

(*) The Remote Problem
(1) Widget. نحت من الكلمتين Window و gadget: ضبيطة أو هي عنصر تحكم control.
(2) TV Everywhere

[سرعات نقل البيانات]

أسرع إنترنت[**]

تتطلب التطبيقات التي تعتمد على الإنترنت اعتمادا كبيرا، مثل الفيديو المتدفق العالي الوضوح، توصيلات إنترنت سريعة. ولكن نسبة الأُسَر الأمريكية المُخدَّمة بنطاق عريض تساوي 50.8% فقط، وما تنفذ إليه تلك الأُسَر ليس إلا إشارات بطيئة نسبيا مقارنة بما هو متوفر في آسيا وشمال أوروبا وشرقها.

سريعة، أسرع، الأسرع

سرعة التوصيل المتوسطة بالنطاق العريض مقدرة بالميكابت في الثانية

تايوان	سلوفاكيا	آيسلندا	ألمانيا	الولايات المتحدة	إيرلندا	كندا	ليختنشتاين
6.3	4.4	4.4	2.4	2.4	1.4	8.3	7.3



النسبة المئوية للأسر التي لديها نطاق عريض (أزرق)

يتشارك المستخدمون في الموسيقى والفيديو في شبكات موزعة، حدَّدت شركة Comcast سقفا يبلغ 250 جيگابايت شهريا للبيانات التي يمكن لزبائنها تنزيلها أو استجرارها. وتقوم شركة Time Warner بتجريب سقوف تقل عن 5 جيگابايت شهريا. وتدّعي الشركتان أن عددا قليلا من الزبائن سوف يتأثر بهذا التحديد. قد يكون هذا صحيحا حاليا، ولكنه يقتل فيديو الإنترنت في مهده؛ لأن الفيلم الواحد العالي الوضوح غالبا ما يتطلب أكثر من الصبيب 5 جيگابايت الذي تسمح به ميزانيات الشركة Time Warner شهريا للنفاذ إلى الإنترنت.

توصيلات منزلية؟[*]

وفقا لما بيَّنه الموقع Hulu.com، ثمة شهية كبيرة للحصول على المحتوى التلفازي عبر الإنترنت وهي الوسط الأكثر مرونة. ولكن جلب الفيديو إلى حاسوبك أمر يختلف عن إيصاله إلى تلفازك العالي الوضوح الذي تبلغ شاشته 60 بوصة، وإعداده سهل واستخدامه بديهي إلى حد ما.

إن أكثر الخيارات سهولة هو أن تصل تلفازك بحاسوب. وباستخدام كبل عادي لواجهة الوسائط المتعددة العالية الوضوح (HDMI)[١]، تُنقل إشارات الصوت والصورة الرقمية من حاسوب محمول حديث التصنيع إلى تلفاز ذي شاشة مسطحة. يقول ‹لاي›: «لقد أصبحت الحواسيب جزءا من حياتنا اليومية إلى حد أننا صرنا معه لا نجد فارقا واضحا بين شاشة التلفاز التي نشاهدها وشاشة الحاسوب المحمول التي ننظر إليها. وخلافا لما يظنه قليلو الاطّلاع، فهذا لا يُربك المستهلكين.»

ولكن وصل الحاسوب المحمول بالتلفاز يبقى مثيرا للسؤال: ماذا نفعل بأداة التحكم من بُعد؟ ويجيب ‹لاي› قائلا إن استخدام لوحة مفاتيح وفأرة لاسلكيتين يعطي المستخدم سيطرة غير محدودة على المحتوى، ويعطيه على وجه الخصوص، القدرة على كتابة عبارات بحث. ولكننا الآن معتادون على التحكم من بُعد بيد واحدة إلى حد يجعل من الصعب علينا تخيُّل لوحات المفاتيح الضخمة التي تحلّ على طاولة القهوة محلّ أداة التحكم من بُعد.

وثمة أيضا سؤال عن كيفية العثور على المحتوى في عالم بلا قنوات. لنقُل إنني أريد مشاهدة حلقة من المسلسل *30 Rock*، فهل هي في الموقع Hulu.com؟ أم في نظام التلفاز في كل مكان؟ حاليا، يقول ‹ماكّني›: «أنت بحاجة إلى **حلقة مفكك كود سرية**[٢] كي تعرف مكان وجود المحتوى.» ولكن ثمة برامج قائمة بذاتها، مثل البرنامج Boxee المجاني والمفتوح المصدر، مصممة لتجمع جميع الفيديوهات الموجودة في الإنترنت، وتعرض دليلا لها على شاشة تلفاز مكونا من «**صفحة موطن**[٣]» واحدة لكل شيء. وهذا يُرينا مثالا آخر لتعارض النفاذ المفتوح مع خطط أعمال شركات التلفاز الكبلي أحيانا.

ومع أن الموقع Hulu ظهر أصلا كقناة في البرنامج Boxee، فإن مزوِّدي المحتوى الذين يقفون وراء البرنامج Hulu، (أي الشركات: NBC و Fox و Disney)، منعوا البرنامج Boxee في الشهر 2009/2 من النفاذ إلى الموقع Hulu على الوب. وحينما سُئل ‹J. تسُكر› [المدير التنفيذي للشبكة NBC Universal] أثناء كلمته في المؤتمر «جميع الأشياء رقمية[٤]» الذي رعته مجلة *Wall Street Journal*، في الشهر 2009/5، عن ذلك قال: «في الوقت الحالي، نحن ملتزمون بالموقع Hulu بوصفه جزءا من الإنترنت». إن أحد تفسيرات هذا التصريح هو أن الموقع Hulu ليس مُهدِّدا لصناعة

(*) Home Connections
(**) The Fastest Internet
(***) Broadband Breakdown
(١) High-Definition Multimedia Interface
(٢) a secret decoder ring
(٣) home page
(٤) All Things Digital

معجم مصطلحات

نطاق عريض

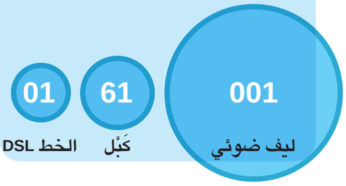
مجموعة متنوعة من التقانات السلكية واللاسلكية التي تنقل المعلومات بسرعات كبيرة، مع أن مقدار السرعة التي توفرها تقانة ما لتوصف «بالحزمة العريضة» ما زال موضع جدل [*انظر المؤطر في يمين الصفحة 77*].

شبكة الإنترنت

شبكة معلومات عالمية مبنية على نظام من البروتوكولات البرمجية يحدد الكيفية التي يجب أن تنظَّم وتعالَج بها المعلومات. وغالبا ما توصل الإنترنت إلى الزبائن عبر توصيلات عريضة النطاق، وغالبا ما يكون عليها أيضا أن تتشارك في النطاق العريض مع بيانات أخرى مثل الإشارات التلفازية والهاتفية.

تحليل النطاق العريض[***]

ليست جميع تقانات النطاق العريض متماثلة السرعة. فالتقانات التي هي أحدث، مثل كبال الألياف الضوئية، تتيح توصيلات إلى الإنترنت بسرعات أعلى بكثير. إن السرعات المبينة هنا هي السرعة المتوسطة الكلية (للتحمل من الإنترنت والترحيل إليها) لخدمة الإنترنت المعلنة في العالم الصناعي (مقدرة بالميكابت في الثانية).



[اصنع بنفسك]

كيف تحصل على التلفاز لكل شيء الآن؟[*]

مقطَّعا ومجزَّءا سوف يأتي الفيديو القائم على الإنترنت إلى غرفة معيشتك. وعلى الرغم من أنه لا توجد أداة واحدة حتى الآن تتيح لك النفاذ إلى كل المحتوى الذي قد ترغب فيه، فإن نظاما جيد التصميم يمكنه أن يفتح معظم الخدمات المتاحة. فيما يلي المكونات الأساسية التي يجب أن تعرفها لهذا النظام.



تلفاز

في الحد الأدنى، أنت بحاجة إلى أن ترتقي إلى تلفاز عالي الوضوح ذي شاشة مسطحة مزوَّد على الأقل بمدخل الواجهة HDMI. إن أجهزة التلفاز الحديثة جدا مصممة لتَنْفَذ مباشرة إلى الإنترنت. إلا أن الخدمات المتوفرة متنوعة: فمنها ما قد يُمكنك من الاتصال بخدمة الفيديو حسب الطلب من الموقع Amazon، أو باصطفاف من أجل التدفق Netflix. ومنها ما لا يتيح لك إلا أشياء تافهة من قبيل مؤشر أسواق المال. إن أحدث أجهزة التلفاز حاليا هي سلسلة سوني برافيا KDL-W5100 (تتراوح أسعارها بين 1500 و 5000 دولار)، وهي تتيح نفاذا كاملا إلى المواقع: Amazon و Netflix و YouTube.

علب توضع فوق التلفاز

حتى ولو لم يتوفر لك أحدث تلفاز، فإن ثمة أجهزة متنوعة تستطيع استجرار محتوى الإنترنت إلى غرفة معيشتك. إلا أنها لها متباينة في الخدمات التي تحققها، وفي أسعارها وسهولة استخدامها.

حاسوب محمول: إن أفضل حل، ببساطة، هو أن تستخدم تلفازك كشاشة عملاقة. ابحث عن حاسوب محمول مزوَّد بمخرج الواجهة HDMI بغية تسهيل الإعداد، واشتر لوحة مفاتيح وفارة لاسلكيتين لاستخدامهما للتحكم فيهما من أريكتك. إن الحاسوب HP Pavillion dv6 يوفر كل ذلك بسعر يساوي 650 دولارا.



محطات استجرار الفيديو المتدفق: لا يحتوي مشغِّل Roku (الذي يبلغ ثمنه 100 دولار) على قرص صلب. وهو مصمم لاستجرار الفيديو المتدفق من الموقع Netflix حسب الطلب، ومن مكتبة الفيديو لدى الموقع Amazon.com، ومن الخدمة MLB.TV. وهو لا يستطيع حاليا النفاذ إلى الموقعين Hulu و YouTube ومواقع الفيديو الأخرى المعروفة في الإنترنت. ثمة خدمة أخرى اسمها ZillionTV تهدف إلى سد بعض هذه الثغرات، ويُتوقع إطلاقها هذا العام (2009).



مسجلات الفيديو: كانت المسجلات القديمة من الطراز TiVos مجرد مسجلات رقمية تسجل برامج تلفازية حية لمشاهدتها لاحقا. أما العلب TiVo الجديدة ذات الأقراص الصلبة، فتتصل أيضا بالإنترنت وتنفذ إلى المواقع: Netflix و Amazon و YouTube (بأسعار تتراوح بين 300 و 600 دولار، حسب حجم القرص الصلب).



تلفاز Apple: يُمَكِّنك هذا التلفاز من النفاذ إلى أفلام وعروض تلفازية متاحة في مخزن iTunes التابع للشركة Apple، إضافة إلى قليل غيرها (بثمن يتراوح بين 230 و 330 دولارا، حسب حجم القرص الصلب).



مسيِّر لاسلكي[1]

أولا، أنت بحاجة إلى شبكة منزلية. ابحث عن مسيِّر لاسلكي بنطاق عريض عالٍ يعمل وفق أحد المقيِّسين 802.11 «G» أو «N»؛ لأن المسيِّرات القديمة قد تكون بطيئة جدا فلا تستطيع التعامل مع الفيديو المتدفق. ويمكنك بدلا من ذلك تمديد كبل إثرنت[2] إلى مركز التسلية عندك.

الإذاعة الكبلية المعهودة مادام محتواه مقتصرا على الظهور على شاشة حاسوب محمول مقاسها 15 بوصة. أما استخدام البرنامج Boxee (والوسائل الأخرى التي تسهل مشاهدة فيديو الإنترنت على التلفاز): فيمكن أن يؤثر في الدخل الذي تحققه الاستوديوهات من رسوم التلفاز الكبلي.

بالطبع ثمة أدوات أخرى تمكِّنك من استجرار المحتوى من الإنترنت إلى تلفازك. فتلفاز Apple ينْفذ إلى مخزن iTunes في الإنترنت. وتصنع شركة حديثة التأسيس اسمها Roku جهازا صغيرا يستجر **الفيديو المتدفق**[3] من الموقع Netflix، ومن مكتبة Amazon.com الرقمية، إضافة إلى ألعاب Major League Baseball. وثمة أجهزة أخرى تحمل أسماء مثل Vudu و ZillionTV، إلا أنها جميعا تتصف بصفة مشتركة هي أن ثمن المحتوى برمته يُدفع **سلفا**[4]. ولا وجود للتلفاز المجاني في تلك الأجهزة التلفازية عبر الإنترنت، لذا، وما دامت

(*) How to Get the Everything TV Now?

(١) Wireless router

(٢) ethernet

(٣) Streaming video، خلافا للفيديو العادي الذي يُؤخذ من ملف، يأتي الفيديو المتدفق باستمرار من الإنترنت.

(٤) بوصفه جزءا من ثمن الجهاز. (التحرير)

مواقع وِب

ثمة عدد متزايد من الخدمات القائمة على الوِب تساعد على استغلال إمكانات التسلية القائمة على الإنترنت.

Boxee.com

تمكِّنك هذه البرمجيات من النفاذ إلى معظم محتوى الإنترنت باستخدام واجهة سهلة الاستخدام قائمة على الضبائط.

Hulu.com

Hulu هو الجَدّ الأكبر للمحتوى التلفازي الموجود على الخط في الإنترنت، يقدم برامج ممولة من الإعلانات من الشركات: NBC و Fox و Disney.

VIDEOSURF.com

باستخدام تقانتي المشاهدة وتعرف الصورة الحاسوبيتين، يمسح محرك البحث هذا أفلام الفيديو في الإنترنت ويُنشئ فهرسا لمن ولما يظهر فيها. على سبيل المثال؛ اكتب اسم ممثل: فيجد لك جميع مَشَاهد ذلك الممثل في تلك الأفلام، وأجزاءَ الفيلم التي يظهر فيها.

القواعد الجديدة في الإنترنت(*)

عندما وقَّع الرئيس <باراك أوباما> رزمة التحفيز البالغة 787 مليار دولار في وقت مبكر من عام 2009، ادعى أن الحكومة «تعيد تشكيل المشهد الأمريكي من خلال أكبر استثمار جديد في البنية التحتية لأمتنا منذ بنى <آيزنهاور> منظومة الطرق السريعة بين الولايات.» وفي القرن الحادي والعشرين، فإن البنية التحتية تشمل الإنترنت. والقانون يقدِّم منحا مقدارها 7.2 مليار دولار للارتقاء بالنفاذ العريض النطاق وتوسيعه في الولايات المتحدة، خصوصا في المناطق الريفية المنخفضة التخديم التي تحتاج إلى أميال من الكبال للوصول إلى المجتمعات الصغيرة نسبيا. وفي الوقت نفسه، يقتضي القانون أن تضع لجنة الاتصالات الاتحادية خطة وطنية للنطاق العريض قبل الشهر 2010/2. إن ما سوف تتضمنه تلك الخطة، وكيف سيتم تخصيص المنح المالية، سوف يحددان على نحو كبير قدرات الإنترنت والقيود المفروضة عليها لسنوات قادمة.

إن السؤال الرئيسي المطروح هو إنْ كانت لجنة الاتصالات الاتحادية سوف تطلب نوعا من حماية «حيادية الشبكة» في الخطة الوطنية للنطاق العريض. يمكن لهذه الحماية أن تقتضي ألا يعوق مزوِّدو خدمة الإنترنت أشكالا معينة من حركات الإنترنت، وأن يعاملوا جميع أنواع الحركة بالتساوي. يدَّعي مزوِّدو خدمة الإنترنت أنهم يستطيعون الحفاظ على الصحة العامة للشبكة إذا كانوا يستطيعون، مثلا، إبطاء تقاسم الملفات بين الأفراد الذي يستهلك كثيرا من عرض النطاق. ولكن من دون حماية حيادية الشبكة، يمكن لمزوِّدي الخدمة أيضا أن يكونوا قادرين على حجب أي نوع من الملفات أو التطبيقات التي يختارونها، وهذا ما يعطيهم القدرة على تقرير مصير جميع الخدمات القائمة على الإنترنت.

يضاف إلى ذلك، أن على لجنة الاتصالات الاتحادية أن تقرر ماذا يعني «النطاق العريض» بالضبط. إنها تعرّفه حاليا بسرعة تنزيل معلنة لا تقلّ عن 0.77 ميگابت في الثانية، وهذه سرعة لا تساوي إلا جزءا ضئيلا من السرعة المتوسطة البالغة 92 ميگابت في الثانية المعلنة في اليابان. (السرعات المعلنة أقل من السرعات الفعلية دائما؛ لأنها تفترض توصيلات مثالية لا يتقاسمها عدد من المستخدمين). إن السرعة المنخفضة تعني أنه يمكن وصل عدد أكبر من المنازل بالإنترنت مقابل تكلفة أقل، ولكن دون مقدرة على استجرار ڤيديو متدفق عالي الجودة.

الشركات الكبلية، وشركات إنتاج المحتوى، تجد في بيعك برامج التلفاز عبر الكبل ربحا أكبر لها، فتوقَّعْ بقاء القيود مفروضة.

يكمن الحل طبعا في فك ارتباط الإنترنت بالشركات الكبلية. وما نظم الألياف الضوئية الجديدة إلا خطوة في هذا الاتجاه. فنظرا إلى أنها نظم «إنترنت فقط»، وغير مرتبطة بنماذج العمل الموروثة التي تقيِّد مشغلي الكبال، فإنها تمكِّن من خوض تجربة إنترنت تحويلية محتملة. انظر إلى كوريا الجنوبية مثلا حيث الإنترنت سريعة وعميمة. فقد بدأت الشركة Warner Brothers بتقليصٍ أعمالها في أقراص الڤيديو الرقمية DVD هناك لتركز اهتمامها حصريا في الأفلام التي تقدّم عبر الإنترنت والتي تتوفر الآن قبل أسبوعين من ظهور الأقراص DVD في الأسواق. حتى إن بعض استوديوهات الأفلام المستقلة في الولايات المتحدة بدأت بتجريب تقديم أفلامها عبر الإنترنت قبل وصول الفيلم إلى صالات السينما. قد يستغرق نقل جميع وسائط الإعلام إلى هذا النوع من العرض الآني القائم على الإنترنت بعض الوقت، يقول <لاي>: «غير أنه آت ولن يستطيع أحد إيقافه.» ■

<M. مُوير> كاتب ومحرر يعمل لدى مجلة ساينتفيك أمريكان

(*) The Internet's New Rules

مراجع للاستزادة

IPTV and Internet Video: Expanding the Reach of Television Broadcasting. Wes Simpson and Howard Greenfield. Focal Press, 2007.

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) Communications Outlook 2009. Available online at **www.oecd.org/sti/telecom/outlook**

Public Knowledge. A Washington, D.C.–based Internet advocacy group: **www.publicknowledge.org**

Scientific American, November 2009



الحاجة إلى معالجة صريحة[*]

ما يجب على إدارة الرئيس <أوباما> فعله هو إعادة النظر في الأساليب التي تدار بها السياسات، وليس مجرد إصلاح السياسات ذاتها.



عندما وعد الرئيس <باراك أوباما> بالتغيير، ركز على موضوعين في جدول أعماله: أولهما، تغيير جوهري واسع يتناول إصلاحات في قطاعات رئيسية من الاقتصاد، كالرعاية الصحية، والتغير المناخي، والأسواق المالية، والأسلحة. أما الثاني، فكان إجراء تغيير في أساليب معالجات القضايا، أهمها إحداث تحسينات في طرائق رسم السياسات العامة، وفي الكيفية التي تُتَّخذ بها قرارات التمويل العام. وعلى الرغم من الظروف المضادة، فإن إدارة أوباما تحقق بعض التقدم في الموضوع الأول ـ ولكن على حساب الثاني.

إن تشريع الرعاية الصحية المهم، الذي يشق طريقه إلى الكونگرس في الوقت الذي ترسل فيه هذه المقالة إلى المطبعة، سيزيد كثيرا من عدد الأمريكيين الذين يشملهم تأمين الرعاية الصحية، وسيحدّ من بعض حوادث سوء استعمال شركات التأمين الصحي الخاصة، التي كثيرا ما ترفض تسديد ما يترتب عليها من التزامات مالية لزبائنها باختلاق ذرائع غير حقيقية. وبالمثل، فإن تشريع التغير المناخي كان يسير قُدما إلى الأمام، وأتيحت له فرصة لوضع نظام يسمح بمدة زمنية قبل الشروع في تحديد حجم انبعاثات **غازات الاحتباس الحراري**[1] greenhouse effect، ومنح اقتصاد الولايات المتحدة مدة طويلة للتوصل إلى تقانات تخفيض هذه الانبعاثات.

بيد أن طريقة إنجاز هذا التقدم المتواضع كانت مثيرة للقلق. فلم تقدم إدارة أوباما خطة متماسكة، كاقتراح لسياسة مفصلة. فكل جزء أساسي من السياسة العامة كان يحول إلى **الغرف الخلفية**[2] في الكونگرس، حيث يخضع لعملية مساومة بين المصالح العامة والخاصة. ولم تكن ثمة خطة محكمة للإنعاش الاقتصادي، ولا خطة واضحة المعالم لإصلاح الرعاية الصحية، ولا استراتيجية محددة للتحكم في التغير المناخي، وهلمّ جرا. ولو افترضنا وجود خطط فعلا، فإنها لم تقدم إلى الجمهور.

وغالبا ما يقال إن هذه الطريقة أفادت من إخفاقات إدارة الرئيس كلينتون في مسعاها إلى إصلاح الرعاية الصحية والتحكم في التغير المناخي. ففي هذه المرة، لن تترك الإدارة لمنتقديها أهدافا سهلة ـ على شكل اقتراحات مفصلة للسياسة التي ستنتهجها ـ تمكن هؤلاء المنتقدين من إسقاطها. ستترك الإدارة المفاوضات بين مجموعات أصحاب المصالح تجري أولا، ثم تقود عملية تسوية بينها للتوصل إلى مشروع قانون يقدم إلى الكونگرس لإقراره. هذا هو المنطق المتبع في السياسة بوصفها فن الممكن.

إن رفض الإدارة وضع خطط واضحة، أدى إلى إحداث ثغرات ونقاط ضعف لا لزوم لها في السياسة العامة. أولها، وأكثرها أهمية، وجود أجزاء سيئة من التشريع لم يجر استبعادها. وعلى سبيل المثال، لم يسبق الكونگرس قط النظر في الفوائد الناجمة عن نظام فرضِ ضريبة كربون مباشرة، على **نظام الحدّ الأقصى والاتجار**[3] الأكثر إرباكا cap - and - trade system بسبب ضآلة الفرصة المتاحة للتخطيط لسياسة جادة.

ثانيا، إن المفاوضات التي تجري في الغرف الخلفية هي، بالطبع، دعوة لتبادل غامض واسع النطاق للثروة. فرُخَص إطلاق الكربون، التي قيمها المالية مئات مليارات الدولارات، خُصصت لمصالح شخصية عن طريق صفقات خاصة لا علم للجمهور بها، ومن دون مشاركته في أي نقاش يدور حول هذا الموضوع. وهناك صفقات مماثلة في الرعاية الصحية والإصلاح المالي، جعلت الجمهور يكافح لفهم الرابحين والخاسرين الحقيقيين من تصرفات مختلفة للسلطة التشريعية.

أضف إلى ذلك أن الإدارة أضاعت مرارا وتكرارا الفرصة لنقل معلومات مهمة إلى الشعب الأمريكي. هذا، وإن ثلث الشعب الأمريكي فقط يؤمن بأن التغير المناخي الناتج من النشاطات البشرية حقيقي. فليس لدى الجمهور مطلقا أي فكرة عن التكاليف الضئيلة والفوائد الكبيرة للتحكم في انبعاثات الكربون. ويعاني الجمهور أيضا إرباكا يصعب التخلص منه حول الرعاية الصحية والإصلاح المالي ومبادرات سياسية أخرى.

إن المواضيع المعقدة والحاسمة التي نواجهها تتطلب معلومات يقدمها خبراء، وفهما جماهيريا. وفي كل موضوع أساسي يتعلق بالسياسة العامة، يتعين على إدارة أوباما أن تقدم أولا تقريرا رسميا يشرح أسباب طلبها تلك المبادرة السياسية ومقدار تكلفتها والفوائد التي تجنيها منها وطريقة تطبيقها. ويجب على المقترحات التشريعية أن تصاغ حول هذه الوثائق الاستراتيجية. ومن ثم، فإن من الضروري دعوة مجموعات من الخبراء المستقلين لوضع مخطط تمهيدي للإجابات.

والأهم من هذا كله هو أن **جماعات الضغط** lobbys يجب ازدراؤها بدلا من دعمها وإعلاء منزلتها. ولو أتيحت الفرصة للجماهير، لدعمت إدارة أوباما في مواجهتها الحازمة لهذه المصالح الضيقة، وهي المصالح نفسها التي أسهمت كثيرا في **الانصهار المالي** financial meltdown وتكاليف الرعاية الصحية المغالى فيها وسيارات متداعية وتعريض الطاقة للخطر. ويمكن للعلماء والمهندسين والخبراء في السياسة العامة أن يساعدوا على إيجاد حلول حقيقية، ومن ثم فإن الجمهور المتنور الذي يمكن الاعتماد عليه قادر على وضع هذه الحلول موضع التنفيذ على الرغم من المقاومة التي يتعرض لها من أصحاب المصالح الضيقة. ■

<J. D. ساكس>، مدير معهد الأرض في جامعة كولومبيا

(*) The Need for Open Process

(1) أو غازات الدفيئة.

(2) the backrooms، مكان اجتماع مجموعة من القادة الذين يتخذون فيه قراراتهم عبر مفاوضات خاصة.

(3) انظر: «*تشغيل أسواق الكربون*»، العلوم، العددان 2/1 (2009)، ص 65.

SCIENTIFIC AMERICAN®
Established 1845

EDITOR IN CHIEF: Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR: Ricki L. Rusting
CHIEF NEWS EDITOR: Philip M. Yam
SEnlor writeR: Gary Stix
EDITORS: Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong
CONTRIBUTING EDITORS: Mark Alpert, Steven Ashley, Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie, Michael Shermer, Sarah Simpson

ASSOCIATE EDITORS, ONLINE: David Biello, Larry Greenemeier
NEWS REPORTER, ONLINE: John Matson
ART DIRECTOR, ONLINE: Ryan Reid

ART DIRECTOR: Edward Bell
ASSISTANT ART DIRECTOR: Jen Christiansen
PHOTOGRAPHY EDITOR: Monica Bradley

COPY DIRECTOR: Maria-Christina Keller

EDITORIAL ADMINISTRATOR: Avonelle Wing
SENIOR SECRETARY: Maya Harty

COPY AND PRODUCTION, NATURE PUBLISHING GROUP:
SENIOR COPY EDITOR, NPG: Daniel C. Schlenoff
COPY EDITOR, NPG: Michael Battaglia
EDITORIAL ASSISTANT, NPG: Ann Chin
MANAGING PRODUCTION EDITOR, NPG: Richard Hunt
SENIOR PRODUCTION EDITOR, NPG: Michelle Wright

PRODUCTION MANAGER: Christina Hippeli
ADVERTISING PRODUCTION MANAGER: Carl Cherebin
PREPRESS AND QUALITY MANAGER: Silvia De Santis
CUSTOM PUBLISHING MANAGER: Madelyn Keyes-Milch

PRESIDENT: Steven Inchcoombe
VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION: Frances Newburg

VICE PRESIDENT, FINANCE AND BUSINESS DEVELOPMENT: Michael Florek
BUSINESS MANAGER: Marie Maher

Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag

مجلة العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهريا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 26 ـ العددان 2/1 (2010)

262/261

مراسلات التحرير

توجه إلى : **رئيس تحرير مجلة العلوم**
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق ـ الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
العنوان الإلكتروني: oloom@kfas.org.kw ـ موقع الويب: www.kfas.org
هاتف : 22428186 (965+) ـ فاكس : 22403895 (965+)

الإعلانات

في الوطن العربي يتفق عليها مع **قسم الإعلانات** بالمجلة.

Advertising correspondence from outside the Arab World *should be addressed to*
SCIENTIFIC AMERICAN 415, Madison Avenue, New York, NY 10017 - 1111
Or to *MAJALLAT AL-OLOOM, P.O. Box 20856 Safat, Kuwait 13069 - Fax. (+965) 22403895*

سعر العدد

الأردن	1.800	دينار	السودان	*	جنيه	الكويت	1.500	دينار	Britain	£	4
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	*	ليرة	Cyprus	Cl	2.5
البحرين	1.800	دينار	الصومال	*	شلن	ليبيا	*	دينار	France	€	6
تونس	2.5	دينار	العراق	ـ	ـ	مصر	7	جنيه	Greece	€	6
الجزائر	*	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	Italy	€	6
جيبوتي	*	فرنك	فلسطين	1.25	$	موريتانيا	*	أوقية	U.S.A.	$	6
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	Germany	€	6

[* ما يعادل بالعملة المحلية دولارا أمريكيا ونصف الدولار (USA $ 1.5)]

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ملاحظة : تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

مراكز توزيع *مجلة العلوم* في الأقطار العربية:

• الإمارات: شركة الإمارات للطباعة والنشر والتوزيع ـ أبوظبي/ دار الحكمة ـ دبي • البحرين: الشركة العربية للوكالات والتوزيع ـ المنامة • تونس: الشركة التونسية للصحافة ـ تونس • السعودية: تهامة للتوزيع ـ جدة ـ الرياض ـ الدمام • سوريا: المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات ـ دمشق • عُمان: محلات الثلاث نجوم ـ مسقط • فلسطين: وكالة الشرق الأوسط للتوزيع ـ القدس • قطر: دار الثقافة للطباعة والصحافة والنشر والتوزيع ـ الدوحة • الكويت: الشركة المتحدة لتوزيع الصحف والمطبوعات ـ الكويت • لبنان: الشركة اللبنانية لتوزيع الصحف والمطبوعات ـ بيروت • مصر: الأهرام للتوزيع ـ القاهرة • المغرب: الشركة الشريفية للتوزيع والصحافة ـ الدار البيضاء • اليمن: الدار العربية للنشر والتوزيع ـ صنعاء.

شارك في هذا العدد

علي الأمير أحمد
عدنان الحموي
هند داود
زياد درويش
بشر دعبول
محمد توفيق الرخاوي
إبراهيم الرفاعي
قاسم السارة
سهيل سليمان
ريمون شكوري
نضال شمعون
فؤاد العجل
عبدالناصر عمرين
عزت قرني
أنطون مارين
نزار المير
حاتم النجدي

يمكن تزويد المشتركين في **العلوم** بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:

1- اختر Settings من start ثم اختر Control Panel
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and formats ثم اضغط OK

بزيارة الموقع **www.kfas.org** يمكن الاطلاع على صفحة محتويات الإصدار الأخير لـ **العلوم** باللغتين العربية والإنكليزية، وعلى معلومات حول الاشتراكات في هذه المجلة.